

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 184801

**WEARABLE HEADSET UNTUK MENDETEKSI KANTUK
DAN KEADAAN FISIOLOGIS PENGENDARA MOBIL
YANG TERINTEGRASI DENGAN SMARTPHONE**

Ahmad Naufal Firdaus
NRP 07111440000133

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.
Dr. Ir. Totok Mujiono, M.Kom.

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



FINAL PROJECT - TE 184801

**SMARTPHONE-INTEGRATED WEARABLE HEADSET
FOR DETECTING DROWSINESS AND PHYSIOLOGICAL
CONDITION OF CAR DRIVER**

Ahmad Naufal Firdaus
NRP 07111440000133

Advisor
Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.
Dr. Ir. Totok Mujiono, M.Kom.

ELECTRICAL ENGINEERING S1 STUDY PROGRAM
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

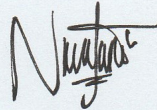
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“WEARABLE HEADSET UNTUK MENDETEKSI KANTUK DAN KEADAAN FISIOLOGIS PENGENDARA MOBIL YANG TERINTEGRASI DENGAN SMARTPHONE”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, dihasilkan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2019



Ahmad Naufal Firdaus
NRP 07111440000133

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**WEARABLE HEADSET UNTUK MENDETEKSI
KANTUK DAN KEADAAN FISILOGIS
PENGENDARA MOBIL YANG TERINTEGRASI
DENGAN SMARTPHONE**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

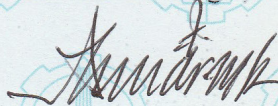
Pada

Bidang Studi Elektronika
Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

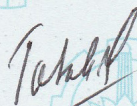
Menyetujui:

Dosen Pembimbing 1,

Dosen Pembimbing 2,



Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.
NIP. 196409021989031003



Dr. Ir. Totok Mujiono, M.Kom.
NIP. 196504221989031001



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

WEARABLE HEADSET UNTUK MENDETEKSI KANTUK DAN KEADAAN FISIOLOGIS PENGENDARA MOBIL YANG TERINTEGRASI DENGAN SMARTPHONE

Nama : Ahmad Naufal Firdaus
Pembimbing I : Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.
Pembimbing II : Dr. Ir. Totok Mujiono, M.Kom.

ABSTRAK

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistika Indonesia, pada tahun 2015, terjadi kecelakaan lalu lintas sebanyak 98,9 ribu kasus. Angka ini meningkat sebanyak 3,19 persen dibandingkan tahun sebelumnya, yaitu sebanyak 95,5 ribu kasus. Dari keterangan yang diberikan oleh Direktorat Lalu Lintas Polda Metro Jaya menyebutkan bahwa angka kecelakaan di wilayah ibukota lebih banyak disebabkan oleh kesalahan pengemudi, yaitu sebesar 90%. Berdasarkan kedua data di atas, diperlukan sebuah sistem monitor terhadap kantuk dan keadaan fisiologis pengemudi. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi tingkat kecelakaan akibat ketidaklayakan pengemudi dengan cara memberikan informasi terkait layak tidaknya keadaan pengemudi saat itu untuk berkendara. Sistem ini dirancang *wearable* dalam bentuk *headgear* untuk pengemudi mobil.

Proses deteksi keadaan fisiologis pengendara dapat diperoleh dengan cara mendapatkan angka kecepatan denyut nadi jantung. Pada tugas akhir ini, digunakan sebuah sensor partikel MAX30105 untuk memperoleh data kecepatan denyut nadi tersebut. Perangkat *wearable* ini juga dilengkapi dengan motion sensor MPU-6050 GY521 yang digunakan untuk memonitor gerakan kepala pengemudi. Apabila kecepatan denyut nadi rata-rata pengemudi di bawah 70 bpm dan gerakan kepala pengemudi terdeteksi sedang menunduk, maka perangkat akan mengirim sinyal ke perangkat *smartphone* penggunaannya melalui koneksi *bluetooth*. Kemudian *smartphone* akan membunyikan suara alarm yang dapat memberikan peringatan dini kepada pengemudi. Dari 40 kali *motion sensor test*, perangkat berhasil mendeteksi gerakan kepala menunduk akibat mengantuk sebanyak 33 kali. Sehingga persentasi keberhasilannya adalah sebesar 82,25%.

Kata kunci: *Wearable Headgear*, Deteksi Kondisi Kantuk, *Photoplethysmography*, *Accelerometer*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Smartphone-Integrated Wearable Headset for Detecting Drowsiness and Physiological Condition of Car Driver

Name : Ahmad Naufal Firdaus
Advisor I : Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.
Advisor II : Dr. Ir. Totok Mujiono, M.Kom.

ABSTRACT

Based on the data from Statistics Indonesia, there are 98,9 thousand traffic accident cases in 2015. This number had increased 3.19% from the year before, which are 95,5 thousand cases. Based on statement given by Directorate of Traffic of Polda Metro Jaya, most of traffic accident cases, about 90% of it, were caused by driver fault itself. Based on both data, a monitoring system of drowsiness and physiological state of car driver is required. This is intended to reduce the rate of accidents due to the impropriety of the driver by providing information related to whether or not the driver's condition is appropriate for driving. This system is designed wearable in the form of a headgear for the driver of the car.

The process of detecting the physiological state of the driver can be obtained by getting the average heart rate. In this final project, a MAX30105 particle sensor is used to obtain the pulse velocity data. This wearable device is also equipped with a motion sensor MPU-6050 GY521 which is used to monitor the movement of the driver's head. If the average driver's pulse rate is below 70 bpm and the driver's head motion is detected while nodded, the device will send a signal to the user's smartphone device via a bluetooth connection. Then the smartphone will sound an alarm sound that can provide an early warning to the driver. From 40 times the motion sensor test, the device successfully detects head down motion due to drowsiness 33 times. So the percentage of success is 82.25%.

Keyword: Wearable Headgear, Drowsiness Detection, Photoplethysmography, Accelerometer.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul:

Wearable Headset untuk Mendeteksi Kantuk dan Keadaan Fisiologis Pengendara Mobil yang Terintegrasi dengan Smartphone

Tugas Akhir ini merupakan persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan program Strata-Satu di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini, penulis ingin berterima kasih kepada pihak-pihak yang membantu pembuatan tugas akhir ini, khususnya kepada:

1. Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc dan Dr. Ir. Totok Mujiono, M.Kom. selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan arahan selama penulis mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Seluruh dosen bidang studi elektronika.
3. Dr. Eng. Ardyono Priyadi, S.T., M.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Elektro ITS Surabaya.
4. Anggota Laboratorium Elektronika Dasar yang telah banyak memberikan masukan dalam pengerjaan penelitian ini.
5. Keluarga terdekat dan teman-teman yang telah memberikan dukungan moril dan materiil.

Penulis sadar bahwa penelitian ini masih belum sempurna dan masih banyak hal yang perlu diperbaiki. Saran, kritik, dan masukan dari semua pihak akan sangat diterima penulis.

Surabaya, 24 Januari 2019

Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	v
Halaman Pengesahan	vii
Abstrak.....	ix
Abstract	xi
Kata Pengantar.....	xiii
Daftar Isi	xv
Daftar Gambar	xvii
Daftar Tabel	xix
 1. Pendahuluan.....	 1
1. 1. Latar Belakang	1
1. 2. Perumusan Masalah	2
1. 3. Tujuan Penelitian.....	2
1. 4. Batasan Masalah	2
1. 5. Metodologi Penelitian	2
1. 6. Sistematika Laporan	3
1. 7. Relevansi	5
 2. Tinjauan Pustaka.....	 7
2. 1. Internet of Thing	7
2. 2. Internet of Things di Bidang Kesehatan.....	8
2. 3. Macam Protokol IoT dan Perbandingannya.....	9
2. 4. Bluno Beetle SKU:DFR0339.....	14
2. 5. Pola Perilaku Pengemudi yang Mengantuk.....	16
2. 6. Deteksi Kantuk dengan Mengamati Data Heart Rate Variability.....	18
2. 7. Particle Sensor MAX30105	19
2. 8. Pola Gerakan Kepala pada Pengemudi yang Mengantuk.....	20
2. 9. Sensor MPU-6050 GY521	21
2.9.1. Accelerometer	22
2.9.2. Gyroscope	24
2. 10. Android Studio.....	26
 3. Perancangan Sistem	 29
3. 1. Blok Diagram Sistem	29
3. 2. Spesifikasi Alat	30
3. 3. Perancangan Komponen Elektrik	31

3. 4. Penempatan Komponen Elektrik pada Wearable Headgear.	32
3. 5. Perancangan Perangkat Lunak.....	34
3.5.1. Perancangan Perangkat Lunak pada Bluno Beetle.....	35
3.5.2. Perancangan Perangkat Lunak pada Aplikasi Smartphone	38
4. Pengujian dan Analisa	41
4. 1. Realisasi Sistem	41
4. 2. Pengujian Pulse Oximeter Menggunakan Sensor Partikel MAX30105	42
4. 3. Pengambilan Data pada Sensor Motion MPU6050	43
4. 4. Analisa Parameter Deteksi Kantuk	45
4. 5. Pengujian Deteksi Gerakan Kantuk dan Tidur pada Sistem Wearable Headgear	49
5. Penutup.....	53
5. 1. Kesimpulan	53
5. 2. Saran.....	53
Daftar Pustaka	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.3 Modul Bluetooth Low Energy CC2540	10
Gambar 2.4 Skematik Bluno Beetle	14
Gambar 2.5 Data Faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas pada Tahun 2010-2016 yang Dikeluarkan oleh KNKT	16
Gambar 2.6 Dua Jenis <i>Photoplethysmography</i> , yaitu <i>Transmissive</i> <i>Photoplethysmography</i> dan <i>Reflective Photoplethysmography</i>	19
Gambar 2.7 Sensor Partikel MAX30105	20
Gambar 2.8 Diagram Sistem Sensor MAX30105	20
Gambar 2.9 Contoh Pola Pergerakan Kepala Dari Ciri Pengemudi Yang Mengantuk	21
Gambar 2.10 Modul Sensor MPU-6050 GY-521	22
Gambar 2.11 Blok Diagram dari Modul Sensor MPU-6050 GY-521 ..	22
Gambar 2.12 Mekanisme Cara Kerja Sensor Accelerometer	23
Gambar 2.13 Sitem Elektro-Mekanik Dari Gyroscope.....	25
Gambar 2.14 Tampilan File Proyek pada Android Studio	27
Gambar 2.15 Tampilan Antarmuka Android Studio.....	28
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem.....	29
Gambar 3.2 Desain Skematik PCB pada Software Eagle.....	31
Gambar 3.3 <i>Wiring Diagram</i> Sistem <i>Wearable Headgear</i>	32
Gambar 3.4 Desain Headgear Awal yang Dirancang oleh Peneliti Sebelumnya.....	32
Gambar 3.5 Desain Headgear Awal yang Dirancang oleh Peneliti Sebelumnya Dilihat dari Berbagai Sisi	33
Gambar 3.6 Rancangan Penempatan Komponen pada Headgear yang Baru.....	33
Gambar 3.7 Rancangan Penempatan Komponen pada Headgear yang Baru Dilihat dari Berbagai Sisi	34
Gambar 3.8 Desain Logo Aplikasi Safety Headgear X dan Safety Headgear R	39
Gambar 4.1 Realisasi Mekanik dari Wearable Headgear Pendeteksi Kantuk dan Kondisi Fisiologis Pengemudi Mobil.....	41
Gambar 4.2 Fitbit Alta HR	42
Gambar 4.3 Grafik Data <i>Accelerometer</i> pada Gerakan Kepala Jatuh saat	

Mengantuk	44
Gambar 4.4 Grafik Resultan Data <i>Accelerometer</i> pada Sumbu X dan Sumbu Y Terhadap Gerakan Kepala Jatuh saat Mengantuk.....	45
Gambar 4.5 Grafik Resultan Sudut Roll dan Sudut Pitch Terhadap Gerakan Kepala Jatuh saat Mengantuk.....	46
Gambar 4.6 Grafik Data <i>Accelerometer</i> Sumbu X, Y, dan Z pada saat Berada di Mobil yang Sedang Dikendarai	47
Gambar 4.7 Grafik Data Angle Sumbu X, Y, dan Z pada Saat Berada di Mobil Yang sedang Dikendarai	47
Gambar 4.8 Flowchart dari Deteksi Kantuk dan Tidur	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Diagram Pinout Bluno Beetle	15
Tabel 3.2 Power Interface Bluno Beetle	15
Tabel 3.3 Spesifikasi Bluno Beetle	15
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Pembacaan Sensor MAX30105 dengan Fitbit Alta HR.....	42
Tabel 4.2 Variasi Kecepatan Denyut Jantung dari Subjek Berbeda.....	43
Tabel 4.3 Pengukuran dengan Sensor MAX30105 Terhadap Orang Mengantuk.....	43
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Deteksi Gerakan Kantuk.....	50
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Deteksi Gerakan Tertidur.....	51

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Data dari Badan Pusat Statistika Indonesia menyebutkan bahwa terdapat 98,9 ribu kasus kecelakaan lalu lintas pada tahun 2015. Angka ini mengalami peningkatan sebanyak 3,19 persen dibandingkan tahun sebelumnya, yaitu sebanyak 95,5 ribu kasus [1]. Menurut keterangan Direktorat Lalu Lintas Polda Metro Jaya, angka kecelakaan di wilayah ibukota lebih banyak disebabkan oleh kesalahan pengemudi, yaitu sebesar 90%. Berdasarkan data Ditlantas Polda Metro Jaya, tercatat sepanjang 2014 ada sekitar 5.887 kecelakaan terjadi akibat pengemudi dan 3.728 diantaranya langkah dalam perjalanan [2].

Berdasarkan kedua data di atas, diperlukan sebuah sistem monitor terhadap keadaan fisiologis pengemudi. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi tingkat kecelakaan akibat ketidaklayakan pengemudi dengan cara memberikan informasi terkait layak tidaknya keadaan pengemudi saat itu untuk berkendara.

Aktivitas Autonomic Nervous System (ANS) diketahui meningkat ketika sedang dalam keadaan stres, lelah, atau mengantuk [3]. Keadaan dalam kesadaran penuh diindikasikan oleh peningkatan pada aktivitas simpatetik dan/atau penurunan pada aktivitas parasimpatetik tubuh. Sebaliknya, relaksasi total ditunjukkan dengan peningkatan aktivitas parasimpatetik dan penurunan aktivitas simpatetik tubuh [4]. Aktivitas ANS ini dapat diperkirakan dari sinyal Heart Rate Variability (HRV) yang diperoleh dari pengukuran PPG.

Dengan menanamkan PPG pada sebuah alat yang dapat dikenakan oleh pengguna, dalam hal ini yaitu berupa perangkat headgear, maka pengendara dapat mengetahui keadaan fisiologisnya sehingga harapannya dapat mencegah terjadinya kecelakaan lalu lintas yang disebabkan ketidaklayakan pengemudi untuk berkendara. Dengan memanfaatkan integrasi pada smartphone, informasi ini juga dapat dikirimkan ke anggota keluarga pengemudi sehingga mereka dapat memantau keadaan pengemudi tersebut dari jauh. Alat ini nantinya juga dilengkapi sistem alarm yang dapat mendeteksi apabila pengendara tertidur. Lebih jauh lagi, perangkat ini dapat bermanfaat bagi perusahaan travel dan bus untuk memantau kondisi pengemudinya.

1. 2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

- a. Bagaimana merancang wearable headset yang dapat menerima informasi terkait Heart Rate Variability pengguna.
- b. Bagaimana mendeteksi gerakan kepala pengguna apabila kepala pengguna melakukan gerakan menunduk akibat mengantuk.
- c. Bagaimana menampilkan informasi status mengantuk pengguna ke aplikasi smartphone yang kemudian dapat mengaktifkan sistem peringatan alarm kepada pengguna.
- d. Bagaimana mengirim informasi status mengantuk ke database dan meneruskan informasi tersebut ke aplikasi penerima.

1. 3. Tujuan Penelitian

Penelitian pada penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

- a. Dapat memberikan informasi tentang kelayakan pengendara berdasarkan kondisi fisiologis pengendara secara real-time.
- b. Dapat memberikan peringatan dini kepada pengemudi yang mengantuk/tertidur saat mengemudi.
- c. Mengurangi kecenderungan terjadinya kecelakaan akibat pengemudi yang mengantuk/tertidur dengan memberikan peringatan apabila pengendara dalam keadaan tidak layak untuk mengemudi.

1. 4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Deteksi kantuk dilakukan dengan melihat kecepatan denyut jantung rata-rata dan pola perubahan posisi kepala yang terjadi secara tiba – tiba.
- b. Simulasi pergeseran posisi kepala dilakukan sesuai dengan pergerakan orang saat mengantuk.
- c. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi denyut jantung adalah sensor MAX30105 dan untuk mendeteksi perubahan posisi kepala adalah sensor MPU 6050.

1. 5. Metodologi Penelitian

Perancangan *Wearable Headgear* Pendeteksi Kantuk terbagi menjadi empat tahapan, yaitu studi literatur, perancangan sistem, uji coba dan hasil pengujian, serta penyusunan laporan.

Pada tahap studi literatur, dilakukan pencarian literatur buku maupun kumpulan makalah dan jurnal yang mengarah pada topik yang dibahas. Tahapan ini dilakukan untuk mengumpulkan informasi mengenai prinsip kerja sensor dan sistem secara keseluruhan, serta sejarah sistem yang telah ada sebelumnya.

Selanjutnya pada perancangan sistem, akan dilakukan sebuah perancangan sistem secara keseluruhan. Pada tahap kedua ini dibagi menjadi dua yakni hardware dan software. Pada bagian hardware akan dibuat sistem elektrik yang terdiri dari baterai, *step down converter*, sensor dan mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan adalah Bluno Beetle SKU:DFR0339. Pada bagian software akan dibuat dua jenis program, yaitu program pada Bluno Beetle dan program pada aplikasi *smartphone*.

Kemudian pada tahap uji coba dan hasil pengujian, akan dilakukan pengujian alat, menganalisa kesalahan atau kegagalan pada alat dan mengatasi permasalahan tersebut. Pengujian dilakukan untuk setiap sistem elektrik maupun pengujian sistem secara keseluruhan yang meliputi integrasi antara hardware dan software. Proses pengujian tersebut bertujuan untuk mengetahui keandalan sistem dan pengumpulan data-data yang menunjang untuk penelitian Tugas Akhir ini.

Tahapan yang terakhir yaitu penyusunan laporan. Setelah alat berhasil dibuat dan berkerja dengan baik tanpa adanya *error*, pengambilan data dan analisa data terpenuhi, maka tahap selanjutnya yaitu penyusunan laporan untuk buku Tugas Akhir. Diharapkan buku Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua orang, dan dapat dijadikan pedoman dalam melanjutkan dan mengembangkan ide Tugas Akhir ini.

1. 6. Sistematika Laporan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

- **BAB I: Pendahuluan**

Bab ini meliputi latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan penelitian dan relevansi.

- **BAB II: Tinjauan Pustaka**

Bab ini menjelaskan tentang dasar teori yang dibutuhkan

dalam pengerjaan penelitian ini, yang terdiri dari Internet of Things, Internet of Things di bidang kesehatan, macam protokol IoT dan perbandingannya, Bluno Beetle SKU:DFR 0339, pola perilaku pengemudi yang mengantuk, Deteksi Kantuk dengan Mengamati Data *Heart Rate Variability*, sensor partikel MAX30105, pola gerakan kepala pada pengemudi yang mengantuk, sensor MPU-6050 GY-521, dan Android Studio.

- **BAB III: Perancangan Sistem**

Bab ini menjelaskan tentang sistem yang dirancang secara keseluruhan, yakni perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Perangkat keras yang digunakan dan dirancang dalam sistem ini adalah perangkat headgear yang terdiri atas mikrokontroller Bluno Beetle SKU:DFR 0339, Sensor Partikel MAX30105, Sensor Motion MPU-6050 GY-521, Baterai Lipo 12V, dan Step Down Converter LM2596. Sedangkan perangkat lunak yang dirancang adalah program pada Bluno Beetle untuk membaca sensor dan mengirimkan data ke smartphone, program pada aplikasi smartphone untuk membaca data dan mengirimkan ke server, dan program pada aplikasi smartphone lain untuk menerima data dari server.

- **BAB IV: Pengujian dan Analisis**

Bab ini menjelaskan tentang pengujian dari sistem yang telah dirancang pada bab sebelumnya. Bab ini bertujuan untuk mendapatkan data yang kemudian dilakukan analisa pada masing-masing pengujian. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian pulse oximeter dengan sensor MAX30105, pengambilan data pada sensor MPU-6050, dan pengujian motion sensor test pada sistem *Wearable Headgear*.

- **BAB V: Penutup**

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari pengujian sistem yang meliputi tingkat keberhasilan kerja sistem serta pemberian saran untuk dikembangkan selanjutnya.

1. 7. Relevansi

Perangkat *wearable headgear* pendeteksi kantuk dan keadaan fisiologis pengendara mobil ini merupakan sebuah upaya untuk mengurangi angka kecelakaan lalu lintas yang diakibatkan oleh kesalahan pengemudi, seperti mengantuk, lelah, atau stres. Hal ini dilakukan dengan cara memberi peringatan kepada pengemudi yang terdeteksi mengantuk dan membangunkan pengemudi yang tertidur dengan bantuan alarm pada perangkat *smartphone*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. *Internet of Thing*

Internet of Thing (IoT) adalah sebuah konsep dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. IoT telah berkembang dari konvergensi teknologi nirkabel, micro-electromechanical systems (MEMS), dan Internet[5]. Kita dapat menentukan apakah suatu perangkat merupakan bagian dari IoT atau tidak dengan melihat apakah produk suatu vendor dapat bekerja dan berkomunikasi dengan produk dari vendor yang lain meskipun berbeda jenis produknya.

“A Things” pada *Internet of Things* dapat didefinisikan sebagai subjek misalkan orang dengan monitor implant jantung, hewan peternakan dengan transponder biochip, sebuah mobil yang telah dilengkapi built-in sensor untuk memperingatkan pengemudi ketika tekanan ban rendah. Sejauh ini, IoT paling erat hubungannya dengan komunikasi machine-to-machine (M2M) di bidang manufaktur dan listrik, perminyakan, dan gas. Produk dibangun dengan kemampuan komunikasi M2M yang sering disebut dengan sistem cerdas atau “smart”. Sebagai contoh yaitu *smart* kabel, *smart* meter, *smart grid sensor*.

Penelitian pada IoT masih dalam tahap perkembangan. Oleh karena itu, tidak ada definisi dari *Internet of Things*. Berikut adalah beberapa definisi alternatif dikemukakan untuk memahami *Internet of Things* (IoT), antara lain:

Menurut Casagras (*Coordinator and support action for global RFID-related activities and standardisation*) mendefinisikan IoT sebagai sebuah infrastruktur jaringan global, yang menghubungkan benda-benda fisik dan virtual melalui eksploitasi *data capture* dan kemampuan komunikasi. Infrastruktur terdiri dari jaringan yang telah ada dan internet berikut pengembangan jaringannya. Semua ini akan menawarkan identifikasi obyek, sensor dan kemampuan koneksi sebagai dasar untuk pengembangan layanan dan aplikasi kooperatif yang independen. Ia juga ditandai dengan tingkat otonom *data capture* yang tinggi, event transfer, konektivitas jaringan dan interoperabilitas

2. 2. *Internet of Things* di Bidang Kesehatan

Perkembangan *Internet of Things* (IoT) sudah menjalar ke segala bidang, tak terkecuali sektor kesehatan yang pada tahun ini semakin terlihat realisasinya. Di ajang *Consumer Electronic Show 2018*, para produsen telah melangkah lebih lanjut dengan tidak hanya membuat fitness wearable dalam bentuk jam tangan. L'Oreal memproduksi sebuah sensor UV berbentuk stiker yang dapat diletakkan di atas kuku.



Gambar 2.1 L'Oréal UV Sense patch[6]

Sensor ini bebas baterai dan dapat menyimpan data hingga 3 bulan lamanya. Bidang pemantauan denyut jantung juga mengalami perkembangan pesat. Kini konsumen memiliki banyak pilihan perangkat *wearable*, tidak hanya dengan jam tangan saja. Contoh perangkat *wearable* yang terbaru adalah dalam bentuk sabuk, baju, hingga *earphone*.



Gambar 2.2 Jabra Sport Pulse Special Edition[7]

Dari sebuah laporan yang diterbitkan ECRI Institute, kehadiran berbagai produk *wearable*, lewat teknik analisis data yang besar, terbukti efektif dalam prediksi awal fungsi saraf pasien untuk penyakit Parkinson, Alzheimer, demensia, cerebral palsy,

manajemen pasca stroke otak, hingga serangan epilepsi. Beberapa *wearable* juga disebut memiliki kemampuan mendeteksi ketika pasien kemungkinan telah kejang, jatuh, atau tremor.

Dari sisi tenaga medis, kehadiran *wearable device* tentu amat menjanjikan karena dapat memantau pasien rawat jalan dari jarak jauh, maupun rawat inap dengan lebih nyaman, sekaligus dapat memberikan lebih banyak data untuk para dokter[8]. Transparency Market Research pada akhir tahun lalu sudah memprediksi bahwa pada 2018, lebih dari lima juta *wearable* dan sensor kesehatan mobile akan digunakan untuk kepentingan kesehatan, sementara tren *remote patient* disebut akan menjadi sebuah revolusi cara penanganan pasien

Teknologi mengawasi pasien dari jarak jauh dapat menjadi metode penting untuk mengurangi biaya kesehatan dan mempertebal kemungkinan kesembuhan pasien. Contohnya, dokter yang menemukan perubahan pada tanda-tanda vital pada pasien penyakit jantung, dapat mengganti pengobatan sebelum masalah yang lebih serius datang, sehingga pada akhirnya mereduksi kebutuhan dan biaya ruang darurat. Dokter pun dapat melacak status kesehatan pasien di rumah, dan melakukan konsultasi lewat koneksi video call.

Walau perkembangan IoT di bidang kesehatan terus melangkah jauh, terdapat sebuah tantangan yang harus dihadapi oleh para pengembang teknologi IoT. Unsur privasi misalnya, akan menjadi masalah tersendiri. Terganggunya privasi pengguna *wearable* dapat disebabkan oleh berbagai kegagalan keamanan dari penyedia IoT.

Akibatnya, yurisdiksi hukum akan mulai memberlakukan aturan yang lebih menguntungkan privasi konsumen, dengan membatasi perpindahan, analisis, hingga komersialisasi data kesehatan.

2.3. Macam Protokol IoT dan Perbandingannya

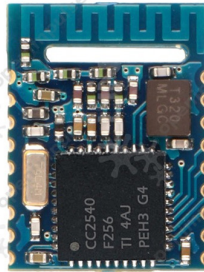
1. Bluetooth

Bluetooth adalah salah satu teknologi komunikasi jarak dekat yang sangat penting di dunia komputasi. Bluetooth banyak digunakan di perangkat *wearable* dan tersambung ke internet melalui smartphone. Bluetooth Low-Energy (BLE) atau yang kini dinamakan Bluetooth Smart merupakan teknologi

Bluetooth terbaru yang memiliki konsumsi daya sangat kecil. Akan tetapi, BLE ini tidak didesain untuk melakukan transfer file dan lebih cocok untuk mengirim data berukuran kecil saja.

Bluetooth dengan Core Specification versi 4.2 dapat digunakan untuk mengakses protokol internet melalui koneksi 6LoWPAN.

- Standar : Bluetooth 4.2 Core Specification
- Frekuensi : 2.4 GHz (ISM)
- Jangkauan : 50-150 m untuk Smart/BLE
- Kecepatan : 1 Mbps untuk Smart/BLE



Gambar 2.3 Modul Bluetooth Low Energy CC2540[9]

2. Zigbee

Zigbee banyak digunakan di dunia industri. ZigBee PRO dan ZigBee Remote Control (RF4CE) berbasis protokol IEEE802.15.4 yang merupakan teknologi jaringan wireless standar di perindustrian. Protokol tersebut beroperasi di frekuensi 2.4GHz dimana ditargetkan untuk mentransfer data yang kecil di area tertentu dalam jangkauan 100 meter seperti di rumah atau bangunan.

Versi terbaru Zigbee adalah versi 3.0 yang menyatukan berbagai standar wireless ZigBee menjadi satu standar saja. Contoh produk ZigBee adalah CC2538SF53RTQT ZigBee System-On-Chip IC dan CC2538 ZigBee Development Kit.

- Standar : ZigBee 3.0 berbasis IEEE802.15.4
- Frekuensi : 2.4 GHz

- Jangkauan : 10-100 m
- Kecepatan : 250 kbps

3. Z-Wave

Z-Wave adalah teknologi RF dengan konsumsi daya rendah yang kebanyakan didesain untuk otomasi rumah seperti kontroler lampu dan sensor lain. Z-Wave beroperasi di frekuensi di bawah 1 GHz yang memungkinkan terlepas dari interferensi WiFi atau teknologi wireless lain yang beroperasi di frekuensi 2,4 GHz seperti Bluetooth dan ZigBee. Z-Wave mendukung penuh topologi mesh tanpa adanya perangkat coordinator dan mampu mengontrol hingga 232 perangkat. Protokol yang digunakan Z-Wave lebih simpel sehingga bias mentransfer lebih cepat. Z-Wave hanya diproduksi oleh Sigma Designs saja, sedangkan perangkat lain diproduksi oleh bermacam produsen.

- Standar : Alliance ZAD12837/ITU-T G.9959
- Frekuensi : 900 MHz (ISM)
- Jangkauan : 30 m
- Kecepatan : 9,6/40/100 kbps

4. WiFi

Koneksi WiFi merupakan pilihan yang jelas banyak digunakan oleh para pengembang IoT, terutama karena keunggulan daya tembusnya di dalam lingkungan rumah. WiFi umumnya menggunakan standar 802.11n yang dapat mencapai ratusan megabit perdetik, dimana sangat berguna untuk melakukan transfer file, namun konsumsi dayanya terlalu tinggi untuk aplikasi IoT.

- Standar : Berbasis 802.11n (paling umum digunakan di rumah-rumah)
- Frekuensi : 2,4 GHz dan 5GHz
- Jangkauan : sekitar 50 m
- Kecepatan : tergantung channel frekuensi dan jumlah antenna. Umumnya 150-200 Mbps, dan maksimumnya 600 Mbps

5. Seluler

Setiap aplikasi IoT yang beroperasi dengan jarak yang jauh dapat memanfaatkan komunikasi seluler GSM/3G/4G. Seluler terutama 4G mampu mengirim data dengan sangat cepat namun terlalu mahal dan boros daya untuk beberapa aplikasi. Tapi dapat menjadi solusi yang ideal untuk proyek yang berbasis sensor dan ukuran data kecil untuk disambungkan ke internet. Contoh produk dari seluler ini adalah produk-produk dari SparqEE, termasuk CELLv1.0, development board yang murah dan dapat digunakan di platform Raspberry Pi dan Arduino.

- Standar : GSM/GPRS/EDGE (2G), UMTS/HSPA (3G), LTE (4G)
- Frekuensi : 900/1800/1900/2100MHz
- Jangkauan : maks 35 km untuk GSM, dan maks 200 km untuk HSPA
- Kecepatan : 35-170kps (GPRS), 120-384kbps (EDGE), 384Kbps-2Mbps (UMTS), 600kbps-10Mbps (HSPA), 3-10Mbps (LTE)

6. NFC (Near Field Communication)

NFC adalah teknologi yang memunkingkan interaksi 2 arah di antara 2 perangkat elektronik dengan simple dan aman. Ditambah lagi, NFC banyak ditanam di smartphone, yang memungkan pengguna untuk melakukan transaksi pembayaran, mengakses konten digital dan menyambungkan perangkat elektronik. Perangkat ini meningkatkan kapabilitas dari teknologi contactless card dan memungkinkan perangkat untuk membagikan informasi dengan jarak kurang dari 4 cm.

- Standar : ISO/IEC 18000-3
- Frekuensi : 13.56 MHz (ISM)
- Jangkauan : 10 cm
- Kecepatan : 100-420 kbps

7. SigFox

Sigfox hadir sebagai alternatif dari teknologi berjangkauan luas, dimana jarak jangkauannya di antara WiFi dan seluler. Sigfox menggunakan pita ISM, dimana gratis

untuk digunakan tanpa perlu menggunakan lisensi, untuk mengirim data dengan spektrum yang sangat sempit dari dan ke objek yang terhubung. Ide terciptanya Sigfox ini adalah untuk aplikasi mesin ke mesin (M2M) yang bekerja dengan baterai kecil dan mengirim data berukuran kecil, dimana jangkauan WiFi terlalu pendek dan koneksi seluler terlalu mahal dan boros daya. Sigfox menggunakan teknologi bernama UNB atau Ultra Narrow Band yang didesain untuk menangani transfer data berukuran kecil dengan konsumsi daya hanya 50 microwatts, sedangkan komunikasi seluler mengkonsumsi 5000 microwatts daya.

Jaringan Sigfox banyak diterapkan di Eropa, termasuk 10 kota di UK. Sigfox bekerja di frekuensi kurang dari 1 GHz.

- Standar : Sigfox
- Frekuensi : 900 MHz
- Jangkauan : 30-50km (lingkungan pedesaan), 3-10km (lingkungan perkotaan)
- Kecepatan : 10-1000 bps

8. Neul

Neul memiliki konsep yang sama dengan Sigfox. Neul beroperasi di spektrum Ruang Putih TV yang menghasilkan jangkauan yang luas, konsumsi daya rendah, namun dengan harga yang murah. Teknologi komunikasi yang digunakan bernama Weightless, yaitu teknologi jaringan nirkabel area luas terbaru yang didesain untuk IoT, bersaing dengan GPRS, 3G, CDMA dan LTE. Kecepatan data bervariasi dari beberapa bit per detik hingga 100 kbps di satu link yang sama. Perangkatnya hanya mengkonsumsi daya 20 hingga 30 mA dari baterai 2xAA, yang dapat bertahan 10 hingga 15 tahun.

- Standar : Neul
- Frekuensi : 900MHz (ISM), 458MHz (UK), 470-790MHz (White Space)
- Jangkauan : 10 km
- Kecepatan : beberapa bps hingga 100 kbps

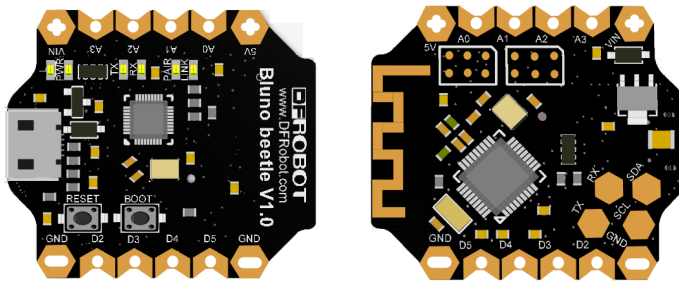
9. LoRaWAN

LoRaWAN juga memiliki konsep yang sama dengan Sigfox dan Neul, yaitu menarget jaringan berarea luas, dan juga menggunakan daya yang rendah.

- Standar : LoRaWAN
- Frekuensi : beragam
- Jangkauan : 2-5 km (lingkungan perkotaan), 15 km (lingkungan pinggir kota)
- Kecepatan : 0.3-50 kbps

2. 4. Bluno Beetle SKU:DFR0339

Bluno Beetle adalah board arduino terkecil berbasis arduino UNO yang ditujukan untuk aplikasi di bidang perangkat wearable[10]. DFRobot Electronic selaku produsen dari board ini juga memproduksi Bluno yang ukurannya lebih besar. Bluno Beetle memiliki instruksi dan prosedur yang sama dengan Bluno biasa. Serta turut mensupport Bluetooth HID dan mode ibeacon. Skematik dari Bluno Beetle DFR 0339 dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 2.4 Bluno Beetle[10]

Untuk memprogram Bluno Beetle ini tidak hanya bisa melalui koneksi USB saja, melainkan juga bisa melalui koneksi nirkabel. Bluno beetle ini merupakan modul mikrokontroler yang berbasis arduino uno, dan dapat diprogram dengan menggunakan arduino IDE.

Diagram Pinout Bluno Beetle dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Diagram Pinout Bluno Beetle

Silk-screen	Digital Pin	PWM Channel	Analog Channel	UART	I2C
RX	0			Serial1	
TX	1				
SDA	A4				SDA
SCL	A5				SCL
D2	2				
D3	3	3			
D4	4				
D5	5	5			
A0	A0		A0		
A1	A1		A1		
A2	A2		A2		
A3	A3		A3		

Sedangkan *power interface* dari Bluno Beetle dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Power Interface Bluno Beetle

Silkscreen	Deskripsi
VIN	Catu Daya Eksternal <8V
5V	Suplai +5V
GND	Ground

Untuk spesifikasi dari Bluno Beetle sendiri dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut.

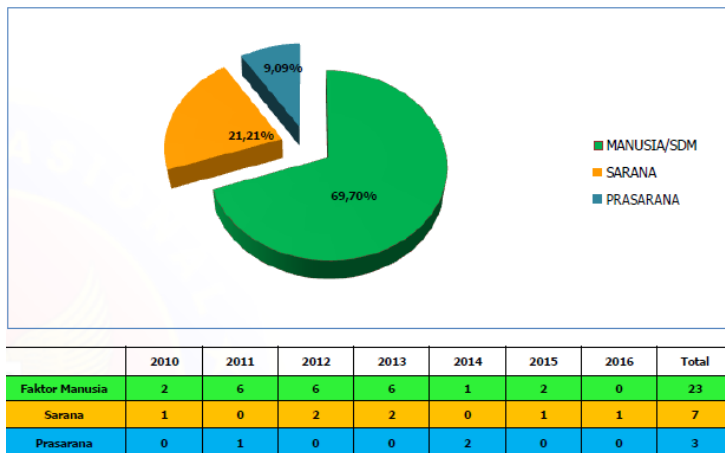
Tabel 3.3 Spesifikasi Bluno Beetle

Chip Bluetooth	CC2540
Sensitivitas	-93dBm
Suhu Kerja	-10° C ~ +85° C
Jarak maksimum	50 m (Ruangan terbuka)
Mikrokontroler	ATmega328p

Frekuensi Clock	16 MHz
Tegangan Kerja	5 V DC
Digital Pin	4 buah
Analog Pin	4 buah
Output PWM	2 Buah
UART Interface	1 Buah
I2C Interface	1 Buah
Micro USB Interface	1 Buah
Port Daya	2 Buah

2. 5. Pola Perilaku Pengemudi yang Mengantuk

Salah satu faktor terbesar yang menyebabkan angka kecelakaan kendaraan bermotor di Indonesia cukup tinggi adalah kesalahan pengemudi atau human error itu sendiri. Kondisi pengemudi yang mengantuk dijadikan alasan utama terjadinya human error. Persentase faktor penyebab kecelakaan lalu lintas dan angkutan jalan umum yang dikeluarkan oleh KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi) pada tahun 2010-2016 dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Data faktor penyebab kecelakaan lalu lintas pada tahun 2010-2016 yang dikeluarkan oleh KNKT[11]

Pengendara mobil tidak dapat memprediksi kapan rasa kantuk akan bermula. Kantuk pada pengendara mobil sangat berbahaya karena dapat menurunkan respon pengemudi terhadap kondisi sekitar, sehingga meningkatkan kemungkinan akan terjadinya kecelakaan lalu lintas. Perilaku pengemudi yang mengantuk dapat diamati dengan berbagai macam metode sebagai berikut[12].

1. Monitoring pada pola mengemudi pengendara, inputnya yaitu dari sistem pada setir mobil. Metode ini sudah diterapkan di model mobil keluaran terbaru. Namun dikarenakan teknologi ini dinilai masih baru, metode ini memerlukan biaya yang cukup tinggi sehingga harga mobil yang memiliki fasilitas deteksi kantuk pada setir ini cukup tinggi pula.
2. Monitoring posisi kendaraan pada lajur jalan, inputnya yaitu dari kamera. Kelemahan metode ini sama seperti pada metode pertama.
3. Monitoring mata atau wajah pengendara menggunakan kamera yang mengawasi wajah pengendara. Pengemudi yang mengantuk akan lebih sering mengedipkan mata, dan menguap. Monitoring ini dilakukan dengan metode *computer vision*, yaitu dengan memanfaatkan sebuah kamera yang digunakan untuk mengambil gambar dan diolah dengan menggunakan software komputer. Kelemahan metode ini adalah kamera memerlukan sumber penerangan yang cukup dan tidak ada benda yang menghalangi kamera dengan objek yang diawasi.
4. Pengukuran pada keadaan fisiologis dengan parameter seperti aktivitas otak, denyut jantung, konduktansi kulit, dan aktivitas otot. Metode ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan sensor yang bersentuhan langsung dengan tubuh. Contohnya adalah dengan menggunakan sensor *heart rate* yang menggunakan metode *photoplethysmography*
5. Monitoring pada posisi kepala pengendara. Pengendara yang mengantuk cenderung kehilangan kontrol pada posisi kepalanya sehingga pada saat tertentu akan jatuh tiba-tiba. Hal ini dapat diamati dengan menggunakan motion sensor. Proses pengenalan ciri pengemudi yang mengantuk menggunakan motion sensor memiliki kelebihan, yaitu tidak adanya interferensi atau gangguan lingkungan sekitar daripada menggunakan metode *computer vision*. Namun kelemahannya adalah kurangnya

tingkat presisi akibat berbedanya pola posisi kepala pengendara yang mengantuk antara satu orang dengan orang lainnya sehingga diperlukan analisis yang lebih mendalam.

2. 6. Deteksi Kantuk dengan Mengamati Data *Heart Rate Variability*

Untuk mendapatkan informasi seputar keadaan fisiologis seseorang, umumnya digunakan metode Electroencepalogram (EEG), namun metode ini kurang efektif karena membutuhkan kontak elektroda pada kepala yang menyebabkan ketidaknyamanan penggunaan dalam kehidupan sehari-hari, terutama pada saat berkendara. Sehingga banyak sekali alternatif lain untuk mendeteksi keadaan kesadaran pengemudi mobil.

Selain EEG, ECG juga menjadi salah satu sarana untuk mendapatkan informasi fisiologis seseorang. ECG atau electrocardiograph ini merupakan metode untuk mengukur denyut jantung dengan merekam aktivitas kelistrikan jantung dalam waktu tertentu. Analisis sejumlah gelombang dan vektor normal depolarisasi dan repolarisasi menghasilkan informasi diagnostik yang penting. Sama seperti EEG, ECG juga memerlukan kontak elektroda pada jantung pengguna sehingga juga tidak nyaman untuk digunakan.

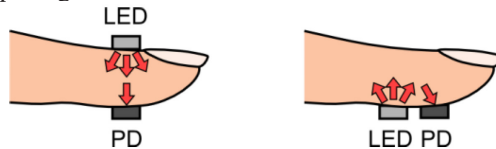
Untuk mengatasi ketidaknyamanan yang disebabkan oleh kontak fisik elektroda pada EEG dan ECG diciptakan sebuah alat yang tidak memerlukan kontak langsung dengan tubuh. Salah satunya yaitu menggunakan pengukuran *magnetic inductance* di bagian sekitar jantung. Alat ini memanfaatkan gulungan induktor yang ditempatkan di baju pengguna atau dapat juga ditempelkan di sabuk pengaman pengendara mobil. Kekurangan dari alat ini adalah susahnyanya menempatkan alat ini tepat di bagian jantung, karena ukuran tubuh seseorang berbeda-beda.

Terdapat sebuah alternatif lain yaitu dengan memanfaatkan sebuah alat bernama pulse oximeter. Pulse oximeter ini merupakan sebuah alat *photoplethysmography* atau PPG, yaitu memanfaatkan penyinaran cahaya pada kulit manusia yang nantinya cahaya ini akan diukur untuk mengetahui seberapa besar penyerapan cahaya yang dihasilkan kulit. Pulse oximeter ini menggunakan 2 LED dengan panjang gelombang yang berbeda. Satu LED berwarna merah dengan panjang gelombang 660 nm, dan LED lain adalah LED inframerah dengan panjang gelombang 940 nm.

Penyerapan cahaya pada 2 LED ini berbeda secara

signifikan antara darah yang mengandung oksigen dan darah yang kekurangan oksigen. Darah yang banyak oksigennya menyerap lebih banyak cahaya inframerah dan melewatkan banyak cahaya merah. Sebaliknya, darah yang kurang oksigen melewatkan banyak cahaya inframerah dan menyerap cahaya merah. Serapan cahaya ini nantinya akan diukur dan hasilnya akan diolah oleh prosesor. Rasio dari pengukuran 2 LED berbeda tadi akan dikonversikan ke SpO_2 dengan memanfaatkan hukum Beer-Lambert.

Photoplethysmography terdapat 2 jenis, yaitu reflective PPG dan transmissive PPG. Reflective PPG ini memanfaatkan pemantulan cahaya, sehingga tidak memerlukan bagian tipis dari tubuh pengguna dan bisa ditempatkan di mana saja, seperti dahi, kaki, dan dada. Berbeda dengan transmissive PPG yang mengharuskan alat untuk ditempatkan di bagian tubuh yang tipis seperti ujung jari atau cuping telinga, karena pada transmissive PPG ini cahayanya ditembuskan ke bagian tubuh tersebut. Kedua jenis *photoplethysmography* ini dapat digambarkan seperti yang terdapat pada gambar 2.6 berikut ini.



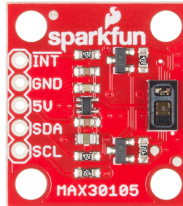
Gambar 2.6 Dua jenis *photoplethysmography*, yaitu transmissive *photoplethysmography* dan reflective *photoplethysmography*[13]

2. 7. Particle Sensor MAX30105

Sensor Partikel Sparkfun MAX30105 adalah sensor yang fleksibel. Sensor ini dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi jarak, denyut jantung, deteksi partikel, dan bahkan kedipan mata. Sensor ini memiliki 3 jenis LED berbeda lengkap dengan detektor cahaya yang sangat sensitif. Dengan mengolah hasil pantulan cahaya sensor ini dapat mendeteksi berbagai tipe partikel atau material seperti oksigen pada darah (*oxygenated blood*), dan juga asap dari sebuah api.

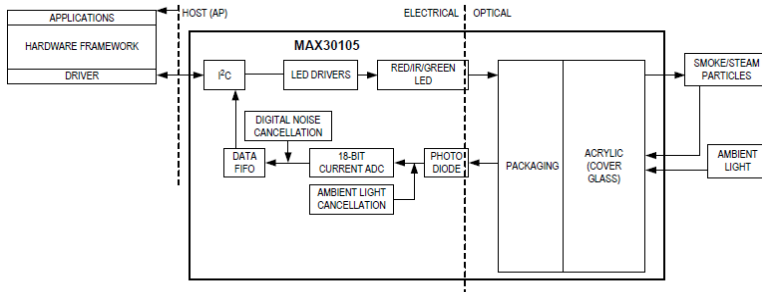
MAX30105 memanfaatkan tiga buah LED yaitu LED merah, hijau, dan infrared untuk mendeteksi denyut jantung yang nantinya dapat dimanfaatkan untuk membuat sebuah *pulse oximeter*. MAX30105 didesain untuk beroperasi pada tegangan 5V

dan dapat dikoneksikan dengan microcontroller yang bekerja baik pada tegangan 5V maupun 3.3V. Sparkfun menyediakan library arduino yang mengambil alih operasi komunikasi I2C, *bit shifting*, *register writing*, dan *sample reading*. Sensor partikel MAX30105 dapat dilihat pada gambar 2. berikut.



Gambar 2.7 Sensor Partikel MAX30105[14]

Sensor partikel MAX30105 memiliki diagram sistem yang dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut.

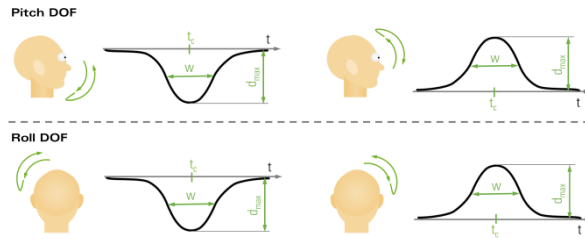


Gambar 2.8 Diagram Sistem Sensor MAX30105[15]

2. 8. Pola Gerakan Kepala pada Pengemudi yang Mengantuk

Perubahan posisi kepala secara tiba – tiba terjadi apabila pengemudi dalam kondisi kantuk yang berat (*excessive sleepiness*). Ditambah lagi adanya faktor kelelahan pengemudi yang mengakibatkan kewaspadaan dari pengemudi menurun. Dalam kondisi ini dibutuhkan usaha yang keras oleh pengemudi untuk tetap waspada pada saat mengendalikan kendaraannya dalam kondisi duduk tegak lurus. Namun akibat dari menurunnya sistem fungsional tubuh, gerakan jatuh dari kepala pengemudi dan kembali ke posisi awal yang dilakukan secara tiba – tiba. Pergerakan kepala tersebut memiliki arah yang tidak menentu dan dari arah tersebut akan menghasilkan pola yang khusus. Contoh pola pergerakan kepala dari ciri pengemudi yang mengantuk dapat

dilihat pada Gambar 2.9.



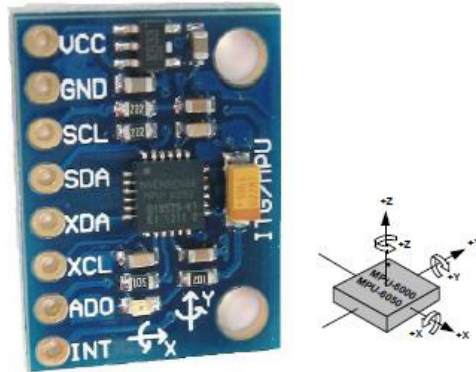
Gambar 2.9 Contoh Pola Pergerakan Kepala Dari Ciri Pengemudi Yang Mengantuk[16]

2. 9. Sensor MPU-6050 GY521

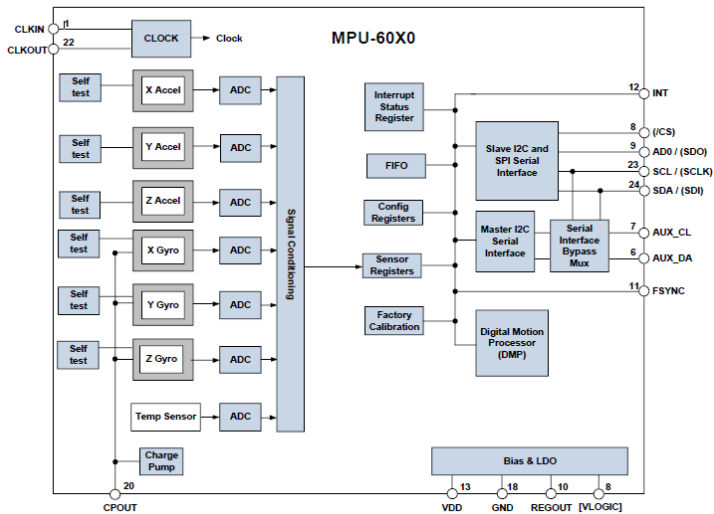
Salah satu jenis sensor Inertial Measurement Unit yang cukup banyak digunakan adalah Sensor MPU-6050 GY-521 buatan IvanSense[17]. Modul sensor MPU-6050 GY-521 terdiri dari dua buah jenis sensor, yaitu 3 axis *accelerometer* dan 3 axis *gyroscope*. Modul sensor MPU-6050 GY-521 menggunakan teknologi Micro Electro-Mechanical System (MEMS), yaitu sistem integrasi dari struktur mekanik dan elektro-mekanikal yang diproduksi dengan teknik fabrikasi mikro[18]. Selain itu sensor MPU-6050 GY-521 memiliki fitur Digital Motion Processor (DMP) yang dapat memproses algoritma dari gerakan gabungan antara sensor *accelerometer* dan *gyroscope*. Sensor ini menggunakan komunikasi I²C dengan dua mode kecepatan pengiriman data, yaitu Standard Mode sebesar 100kHz dan Fast Mode sebesar 400kHz. Dalam modul sensor ini telah dilengkapi regulator 3.3 Volt dan tahanan pull-up pada pin SDA dan SCL. Selain itu, terdapat komponen-komponen pendukung pada modul ini untuk memudahkan penggunaan modul sensor ini.

Modul Sensor MPU-6050 GY-521 terdiri dari 8 pin dengan masing – masing fungsi yang dimiliki. Pin tersebut antara lain VCC, GND, SCL, SDA, XDA, XCL, AD0, dan INT. Pin VCC dihubungkan dengan catu daya sebesar 3 Volt sampai dengan 5 Volt. Pin GND dihubungkan dengan referensi ground catu daya. Pin SDA dan SCL merupakan pin Serial Data dan Serial Clock komunikasi I2C. Pin XDA dan XCL merupakan pin auxillary komunikasi I2C. Pin INT digunakan untuk mengaktifkan mode

interrupt untuk pengambilan data pembacaan sensor yang terdapat pada modul sensor MPU-6050 GY-521. Bentuk modul sensor MPU-6050 GY-521 beserta orientasi sumbu dapat dilihat pada Gambar 2.10. Sedangkan blok diagram dari modul sensor MPU-6050 dapat dilihat pada gambar 2.11.



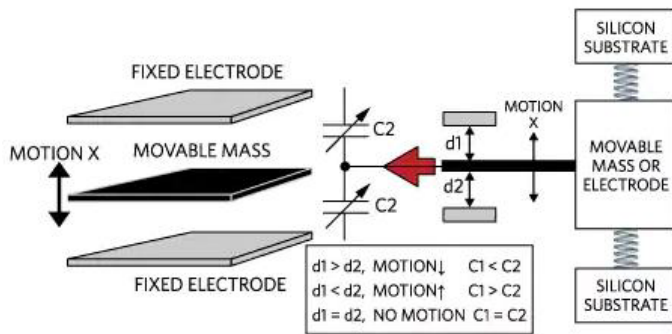
Gambar 2.10 Modul Sensor MPU-6050 GY-521[19]



Gambar 2.11 Blok Diagram dari Modul Sensor MPU-6050 GY-521[17]

2.9.1. Accelerometer

Salah satu dari dua sensor yang ada pada modul sensor MPU-6050 adalah *Accelerometer*. *Accelerometer* digunakan untuk mengukur percepatan dari suatu benda yang bergerak, perubahan posisi, dan percepatan gravitasi bumi. Dasar pengukuran percepatan yang dilakukan oleh sensor *accelerometer* mengacu pada Hukum Newton ke dua. Suatu percepatan akan menimbulkan gaya yang akan ditangkap oleh mekanisme pendeteksi gaya yang dimiliki oleh sensor *accelerometer*. Besar percepatan dapat diukur secara tidak langsung dari besar gaya yang berhasil dideteksi. Struktur dari sensor *accelerometer* terdiri dari sebuah transduser kapasitif dan sebuah pegas penggerak yang dirancang dalam ukuran skala mikro. Contoh mekanisme cara kerja sensor *accelerometer* dalam satu sumbu dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Mekanisme Cara Kerja Sensor Accelerometer[20]

Sesuai dengan gambar di atas, pegas terhubung dengan beban penggerak dan substrat silikon yang tetap. Apabila terdapat suatu pergerakan searah dengan sumbu pegas, maka beban penggerak akan ikut bergerak searah dengan arah sumbu pergerakan. Efek dari pergerakan tersebut menyebabkan jarak antara plat sejajar kapasitor akan berubah dan besar kapasitansi juga akan berubah. Perubahan besar kapasitansi dari kapasitor inilah yang akan diolah menjadi nilai perubahan percepatan oleh sensor *accelerometer*. Sensor *accelerometer* akan mendeteksi gaya percepatan pada tiga sumbu, yaitu sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z berdasarkan pengaruh percepatan bumi. Percepatan gravitasi

bumi diukur dalam satuan g-force (G), dimana 1G sama dengan 9,8 m/s².

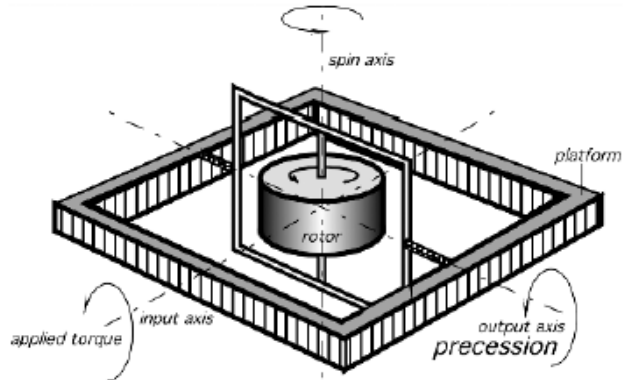
Fitur yang dimiliki *accelerometer* pada modul sensor MPU 6050 adalah sebagai berikut.

1. Keluaran digital dari setiap sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z dengan rentang yang dapat diprogram sebesar $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, dan $\pm 16g$.
2. Resolusi Analog to Digital Converter (ADC) sebesar 16 bit yang telah terintegrasi memungkinkan pengambilan data secara simultan tanpa menggunakan multiplexer eksternal.
3. Arus saat pengoperasian normal *accelerometer* sebesar 500 μ A.
4. Arus saat pengoperasian *accelerometer* saat daya rendah sebesar 10 μ A saat 1.25Hz, 20 μ A saat 5Hz, 60 μ A saat 20Hz, 110 μ A saat 40Hz.
5. Mendeteksi orientasi dan sinyal.
6. Mendeteksi ketukan.
7. User self-test.

2.9.2. Gyroscope

Gyroscope merupakan sebuah sensor yang dapat digunakan untuk mengukur kecepatan sudut dari benda yang bergerak terhadap sumbu putar. *Gyroscope* akan menghasilkan sinyal yang nilainya sebanding dengan kecepatan sudut sekitar sumbu tegak lurus terhadap sumbu putar. Satuan kecepatan sudut akan diukur dengan satuan radian per detik (rad/s) atau dalam satuan derajat per detik (0/s). Struktur dari sensor *gyroscope* terdiri dari sistem elektro-mekanikal berupa piringan rotor yang terhubung dengan pegas yang berukuran mikro (MEMS). Ketika rotor berputar bebas, putaran rotor akan cenderung mempertahankan posisi aksial. Sebuah torsi akan dihasilkan pada sumbu output saat piringan rotor berputar disekitar sumbu input. Hal tersebut akan menghasilkan putaran disekitar sumbu output, peristiwa ini disebut kepresisian dari *gyroscope*. Fenomena tersebut berkaitan dengan Hukum Newton tentang gerak rotasi, yaitu tingkat waktu perubahan momentum sudut yang diberikan pada suatu sumbu sama dengan besar torsi yang diterapkan pada sumbu tersebut. Menentukan

arah presisi dapat dilakukan dengan menyelaraskan arah putaran piringan rotor dengan arah rotasi torsi yang diterapkan. Sistem elektro-mekanik dari *gyroscope* dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Sistem Elektro-Mekanik Dari Gyroscope[18]

Gyroscope akan mendeteksi kecepatan sudut pada tiga sumbu, yaitu sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z. Fitur yang dimiliki oleh gyroscope pada modul MPU-6050 GY-521 adalah sebagai berikut.

1. Keluaran digital dari setiap sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z dengan rentang yang dapat diprogram sebesar $\pm 2500/s$, $\pm 5000/s$, $\pm 10000/s$, dan $\pm 20000/s$.
2. Sinyal sync eksternal yang terhubung dengan pin FSYNC mendukung gambar, video dan sinkronisasi GPS.
3. Resolusi Analog to Digital Converter (ADC) sebesar 16 bit yang telah terintegrasi memungkinkan pengambilan data secara simultan.
4. Peningkatan stabilitas bias dan sensitivitas suhu yang dapat mengurangi kebutuhan bagi pengguna kalibrasi.
5. Peningkatan kinerja noise frekuensi rendah.
6. Digital-programmable low-pass filter.
7. Gyroscope beroperasi pada arus 3.6mA, standby pada arus 5 μ A.
8. Telah terkalibrasi dengan faktor skala sensitivitas.
9. User self-test.

2. 10. Android Studio

Android Studio adalah Integrated Development Enviroment (IDE) untuk sistem operasi Android, yang dibangun diatas perangkat lunak JetBrains IntelliJ IDEA dan didesain khusus untuk pengembangan Android. IDE ini merupakan pengganti dari Eclipse Android Development Tools (ADT) yang sebelumnya merupakan IDE utama untuk pengembangan aplikasi android.

Android studio sendiri pertama kali diumumkan di Google I/O conference pada tanggal 16 Mei 2013. Ini merupakan tahap preview dari versi 0.1 pada Mei 2013, dan memasuki tahap beta sejak versi 0.8 dan mulai diliris pada Juni 2014.

Versi liris stabil yang pertama diliris pada December 2014, dimulai sejak versi 1.0. Sedangkan versi stabil yang sekarang adalah versi 3.13 yang diliris pada Juni 2018. Fitur Fitur yang tersedia saat ini dalam stable version[21].

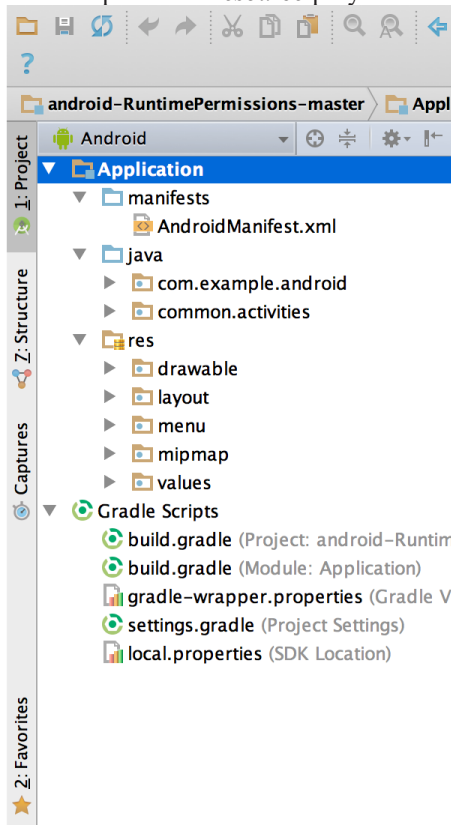
- Dukungan Gradle-based build
- Android-specific refactoring dan perbaikan cepat
- Lint tools untuk menangkap kinerja, kegunaan, kompatibilitas versi, dan masalah lainnya
- Integrasi Proguard dan kemampuan penananda tanganan aplikasi
- Template-based wizards untuk membuat template design umum seperti drawer atau empty activity
- Mendukung untuk pengembangan aplikasi Android Wear.
- Editor tata letak yang memungkinkan pengguna untuk menyeret dan menjatuhkan (drag-and-drop) komponen UI, opsi untuk melihat tata letak pada beberapa konfigurasi layar
- Dukungan bawaan untuk Google Cloud Platform, memungkinkan integrasi dengan Firebase Cloud Messaging ('Perpesanan Google Cloud' Sebelumnya) dan Google App Engine
- Android Virtual Device (Emulator) untuk menjalankan dan men-debug aplikasi di studio Android.

Setiap proyek di Android Studio berisi satu atau beberapa modul dengan file kode sumber dan file sumber daya. Jenis-jenis modul mencakup:

- Modul aplikasi Android
- Modul Pustaka
- Modul Google App Engine

Secara default, Android Studio akan menampilkan file

proyek dalam tampilan proyek Android, seperti yang ditampilkan dalam gambar 2.14. Tampilan disusun berdasarkan modul untuk memberikan akses cepat ke file *resource* proyek.

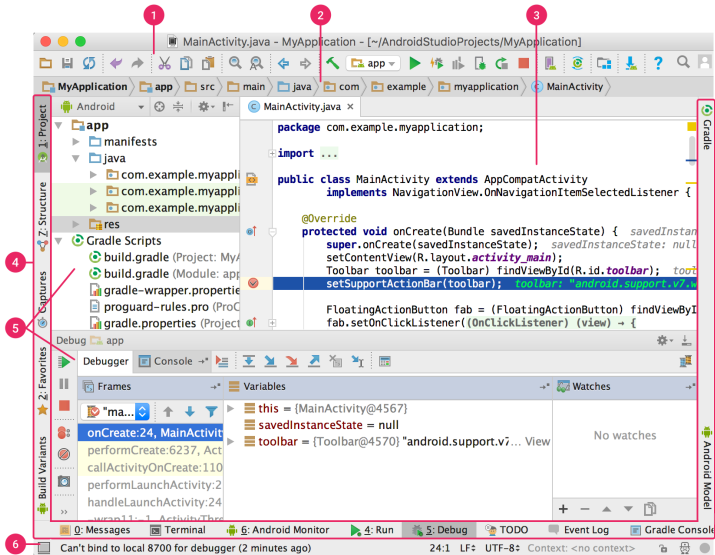


Gambar 2.14 Tampilan File Proyek pada Android Studio

Semua file versi terlihat di bagian atas di bawah Gradle Scripts dan masing-masing modul aplikasi berisi folder berikut:

- manifests: Berisi file AndroidManifest.xml.
- java: Berisi file kode sumber Java, termasuk kode pengujian JUnit.
- res: Berisi semua sumber daya bukan kode, seperti tata letak XML, string UI, dan gambar bitmap.

Jendela utama Android Studio terdiri dari beberapa bidang yang diidentifikasi dalam gambar 3.12.



Gambar 2.15 Tampilan antarmuka Android Studio

1. Bilah alat, berfungsi untuk melakukan berbagai jenis tindakan, termasuk menjalankan aplikasi dan meluncurkan alat Android.
2. Bilah navigasi berfungsi untuk melakukan navigasi di antara proyek dan membuka file untuk diedit. Bilah ini memberikan tampilan struktur yang terlihat lebih ringkas dalam jendela Project.
3. Jendela editor adalah tempat untuk membuat dan memodifikasi kode. Bergantung pada jenis file saat ini, editor dapat berubah. Misalnya, ketika melihat file tata letak, editor menampilkan Layout Editor.
4. Bilah jendela alat muncul di luar jendela IDE dan berisi tombol yang memungkinkan pengguna untuk meluaskan atau menciutkan jendela alat individual.
5. Jendela alat, memberikan akses ke tugas tertentu seperti pengelolaan proyek, penelusuran, kontrol versi, dan banyak lagi. Pengguna bisa meluaskan dan juga menciutkannya.
6. Bilah status menampilkan status proyek dan IDE itu sendiri, serta setiap peringatan atau pesan.

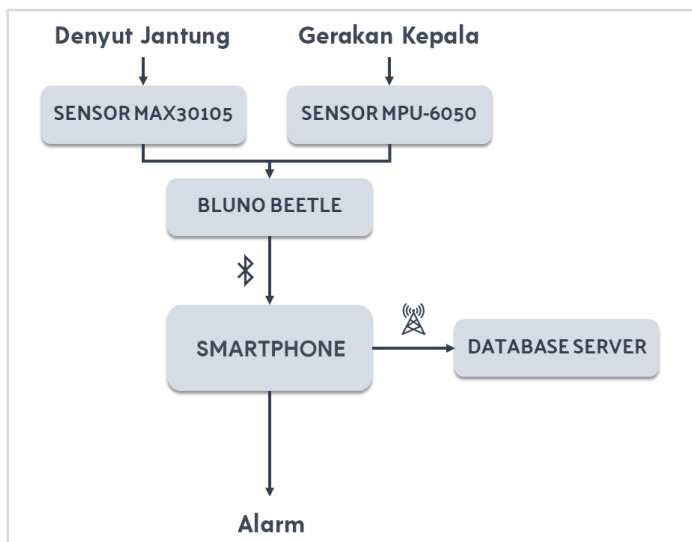
BAB III

PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan sistem yang dirancang secara keseluruhan, yakni perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Perangkat keras yang digunakan dan dirancang dalam sistem ini adalah perangkat headgear yang terdiri atas mikrokontroller Bluno Beetle SKU:DFR 0339, Sensor Partikel MAX30105, Sensor Motion MPU-6050 GY-521, Baterai Lipo 12V, dan Step Down Converter LM2596. Sedangkan perangkat lunak yang dirancang adalah program pada Bluno Beetle untuk membaca sensor dan mengirimkan data ke smartphone, program pada aplikasi smartphone untuk membaca data dan mengirimkan ke server, dan program pada aplikasi smartphone lain untuk menerima data dari server.

3. 1. Blok Diagram Sistem

Diagram blok sistem headgear pendeteksi kantuk dan keadaan fisiologis pengendara mobil yang terintegrasi dengan smartphone dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

Pada tugas akhir ini, input dari sistem terdiri dari dua jenis data yaitu data berupa kecepatan denyut jantung yang didapat oleh sensor partikel MAX30105 dan juga data berupa gerakan kepala yang direpresentasikan oleh data percepatan dan sudut dari sensor MPU-6050 GY-521. Kedua data ini dikirim ke mikrokontroller Bluno Beetle SKU:DFR 0339 melalui koneksi I2C. Kemudian data akan diolah oleh Bluno Beetle dan akan dilakukan Deteksi kondisi kantuk dan tertidur. Setiap 0,3 milisekon, Bluno beetle akan mengirimkan data ke smartphone melalui koneksi bluetooth. Data tersebut terdiri dari 16 bit binary char yang terdiri dari aktivitas headgear dan data kecepatan denyut jantung rata-rata. Aplikasi penerima data dari Bluno Beetle yang kemudian disebut sebagai aplikasi Safety Headgear X, akan menerjemahkan 16 bit binary char tersebut menjadi data yang dapat ditampilkan ke layar. Selain ditampilkan di layar, aplikasi Safety Headgear X juga mengirimkan data ke database server yaitu database pada layanan Google Firebase. Data pada database nantinya dapat diakses oleh aplikasi lain yang kemudian disebut sebagai Safety Headgear R dari jarak jauh menggunakan koneksi seluler. Baik aplikasi Safety Headgear X maupun Safety Headgear R akan memunculkan pesan dan nada alarm apabila pengguna terdeteksi sedang mengantuk atau sedang tertidur.

3. 2. Spesifikasi Alat

Dalam perancangan tugas akhir ini, mikrokontroller yang digunakan adalah Bluno Beetle SKU DFR:0339 yang diproduksi oleh DFRobot Electronic. Bluno Beetle adalah mikrokontroller yang berbasis Arduino Uno sehingga Bluno Beetle ini juga menggunakan ATmega328p. ATmega328p ini memiliki frekuensi clock sebesar 16 MHz. Bluno Beetle bekerja pada tegangan 5V. Bluno Beetle memiliki 4 digital pin, 4 analog pin, 2 PWM output, 1 interface UART, 1 I2C interface, dan 1 micro USB interface. Sedangkan port dayanya ada 2 buah, yaitu 1 pin 5V dan 1 pin Vin yang dapat disuplai oleh tegangan kurang dari 8 V.

Sensor yang digunakan dalam perancangan tugas akhir ini ada dua. Yang pertama adalah sensor MAX30105 yang diproduksi oleh Sparkfun Electronics. Sensor ini adalah sensor partikel yang dapat digunakan untuk mengukur kecepatan denyut jantung berdasarkan nilai serapan sinar infrared oleh kulit. Sensor

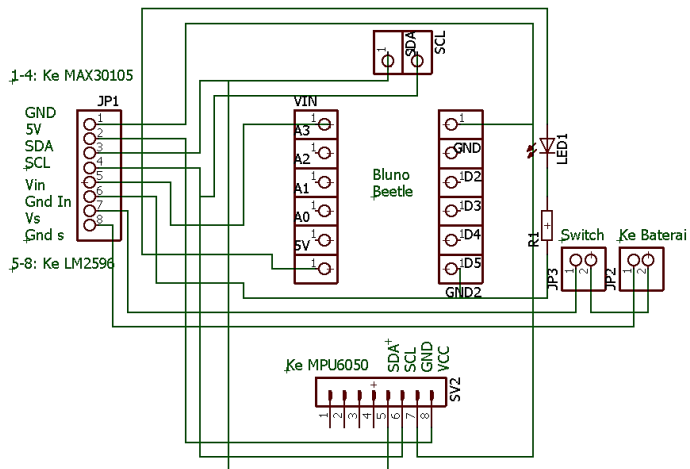
MAX30105 bekerja pada tegangan 5V dan memiliki regulator 1.8V. Sensor MAX30105 memiliki 3 built-in LED yang terdiri dari 3 warna yaitu LED hijau, LED merah, dan LED inframerah. Sensor MAX30105 memiliki konektivitas I2C.

Sensor kedua adalah sensor motion pada modul MPU-6050 GY-521. Modul sensor ini memiliki dua jenis sensor yaitu *accelerometer* dan *gyroscope*. Modul ini beroperasi pada tegangan 2.5 volt - 3.5 volt. Modul ini memiliki voltage regulator sehingga dapat disuplai dengan tegangan 5V. Suplai tegangan 5V juga dapat menstabilkan kinerja dari konektivitas I2C[19].

Sumber daya yang digunakan adalah baterai lipo tiga sel dengan besar tegangan 11.1 Volt yang dihubungkan dengan modul step down converter LM2596 untuk menurunkan tegangan baterai lipo menjadi 5 Volt. Keluaran dari modul step down converter LM2596 sebesar 5 Volt yang dihubungkan dengan pin Vin dari Bluno Beetle.

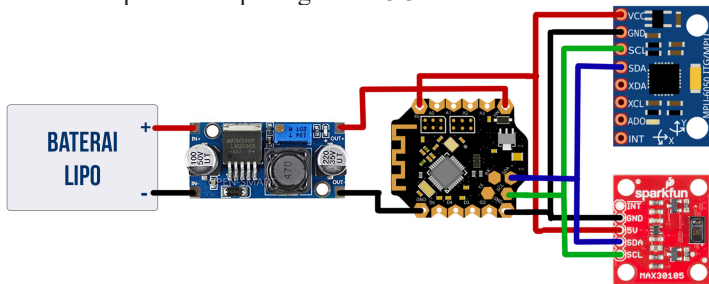
3.3. Perancangan Komponen Elektrik

Komponen Elektrik pada sistem Wearable Headgear ini terdiri dari Bluno Beetle, sensor MAX30105, sensor MPU-6050, baterai Lipo, dan Step Down Converter LM2596. Kelima komponen tersebut dihubungkan pada PCB (printed circuit board) yang didesain dengan menggunakan software Eagle. Layout PCB dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Desain skematik PCB pada software Eagle

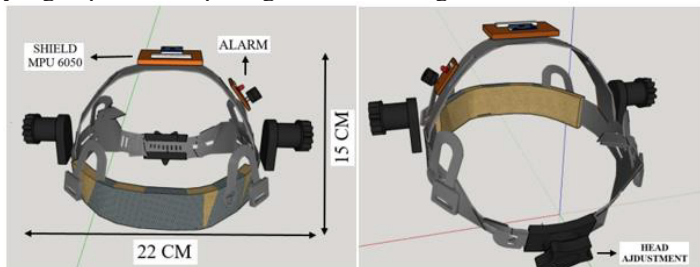
Untuk lebih jelasnya, wiring diagram dari kelima komponen tersebut dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut ini.



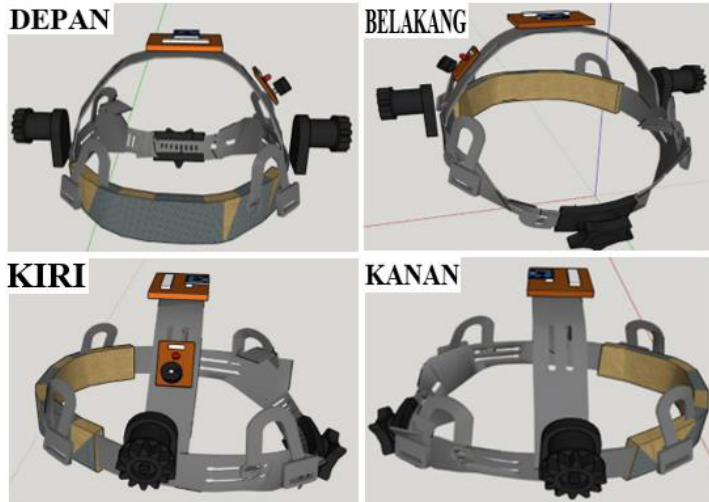
Gambar 3.3 Wiring Diagram Sistem Wearable Headgear

3.4. Penempatan Komponen Elektrik pada *Wearable Headgear*

Setelah kelima komponen siap dihubungkan ke papan PCB yang telah dibuat, maka komponen-komponen tersebut dirancang penempatannya pada *wearable headgear*. *Wearable headgear* ini merupakan *headgear* yang telah didesain oleh peneliti sebelumnya. *Headgear* memiliki dimensi 22cm x 15cm dan dilengkapi dengan knob pada bagian belakang sebagai adjustment untuk menyesuaikan dengan ukuran kepala pengemudi. Bahan yang digunakan untuk headgear adalah *Polypropylene* (PP) yang bersifat kuat dan ringan, sehingga lebih nyaman saat digunakan[22]. *Headgear* tersebut memiliki desain awal seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.4 dan gambar 3.5.

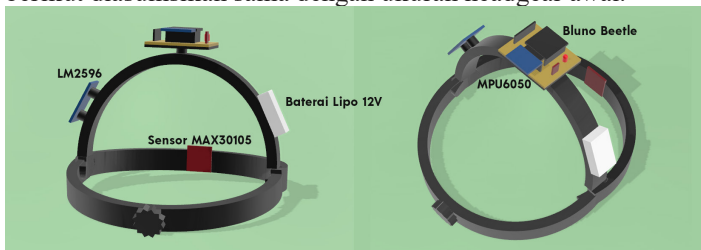


Gambar 3.4 Desain headgear awal yang dirancang oleh peneliti sebelumnya[22]



Gambar 3.5 Desain headgear awal yang dirancang oleh peneliti sebelumnya dilihat dari berbagai sisi[22]

Kerangka headgear yang digunakan sama dengan desain awal, hanya saja penempatan komponennya berubah dikarenakan komponen yang digunakan juga berbeda. Rancangan penempatan komponen-komponen tersebut dapat dilihat pada gambar 3.6 dan 3.7. Rancangan didesain menggunakan software 3D Builder yang dikembangkan oleh Microsoft. Ukuran headgear pada gambar berikut diasumsikan sama dengan ukuran headgear awal.



Gambar 3.6 Rancangan penempatan komponen pada headgear yang baru



Gambar 3.7 Rancangan penempatan komponen pada headgear yang baru dilihat dari berbagai sisi

3. 5. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat Lunak yang digunakan pada perangkat wearable headgear ini terdiri dari 3 buah program. Yang pertama adalah program pada Bluno Beetle. Program ini berisi perintah untuk menjalankan sensor MAX30105 dan sensor MPU-6050. Program ini juga berisi perintah untuk melakukan deteksi kantuk dan kondisi tertidur pada pengguna berdasarkan pembacaan kedua sensor yang kemudian data tersebut diubah kedalam format binary char lalu dikirimkan melalui serial bluetooth. Program pada Bluno Beetle ini ditulis menggunakan bahasa C dan ditulis menggunakan program Arduino IDE versi 1.8.7 dengan konfigurasi Board: “Arduino/Genuino Uno”.

Program yang kedua adalah program penerima data serial bluetooth dari Bluno Beetle pada smartphone. Program ini juga berisi perintah untuk mengirimkan data yang telah diterima ke database pada server Firestore milik Google. Program pada aplikasi smartphone ini ditulis menggunakan bahasa java dan ditulis dengan menggunakan software Android Studio versi 3.2. Aplikasi pada program kedua ini dinamakan Safety Headgear X. Program ketiga berisi perintah untuk mengambil data dari server

Firestore lalu menampilkan data tersebut pada layar. Program ketiga ini juga ditulis menggunakan bahasa java dan juga ditulis pada program Android Studio versi 3.2. Aplikasi pada program ketiga ini dinamakan Safety Headgear R. Baik program kedua maupun ketiga sama-sama berisi perintah untuk membunyikan suara alarm apabila pengguna terdeteksi sedang dalam kondisi mengantuk atau tertidur.

3.5.1. Perancangan Perangkat Lunak pada Bluno Beetle

Seperti yang telah disebutkan di atas, isi dari perangkat lunak yang terdapat pada Bluno Beetle ini adalah sebagai berikut.

- Deklarasi variabel
- Inisialisasi library yang digunakan. Library yang dipakai adalah MPU6050_tockn.h, Wire.h, MAX30105.h, dan heartRate.h
- Inisialisasi serial, yaitu dengan kecepatan baud rate 115200 dan inisialisasi kedua sensor.
- Update data kedua sensor dan penghitungan kecepatan denyut jantung rata-rata.
- Deteksi kantuk, parameter yang digunakan akan dibahas pada subbab 4.1
- Update data yang akan dikirim dan konversi data ke dalam bentuk binary char
- Pengiriman data via serial setiap 300 ms.

Pada bagian deklarasi variabel, variabel yang digunakan pada program ini adalah sebagai berikut:

- long: timer, timer2, timer3, lastBeat;
- double accz ;
- double accxy[2], anglexy[2];
- int ngantuk, noskin, mode, incomingByte, byteAvg;
- int hrthreshold[3];
- const byte RATE_SIZE;
- byte rates[4]; //Array of heart rates
- byte rateSpot, datalow, datahigh;
- char data[16];

Pada bagian inisialisasi sensor MAX30105, konfigurasi yang digunakan adalah sebagai berikut.

- I2C address = 0x57
- powerLevel = 0x1F
- sampleAverage = 4,

- ledMode = 3 (Multi LED)
- sampleRate = 400
- pulseWidth = 411
- adcRange = 4096
- Amplitudo Pulsa LED Merah = 0x0A
- Amplitudo Pulsa LED Hijau = 0x00 (Mati)

Pada bagian inisialisasi sensor MPU6050, konfigurasi yang digunakan adalah sebagai berikut.

- I2C address = 0x68
- Sample Rate Divider = 0x00. Karena Sample rate = Gyroscope Output Rate / (1 + SMPLRT_DIV), maka Sample rate = Gyroscope Output Rate
- Configuration = 0x00. *external Frame Synchronization (FSYNC) pin sampling* dan *Digital Low Pass Filter (DLPF)* diset tidak aktif
- Gyroscope Configuration = 0x08. Pada perintah ini, FS_SEL diset menjadi 1 yang berarti Full Scale Range diset menjadi ± 500 °/s.
- Accelerometer Configuration = 0x00. Pada perintah ini, AFS_SEL diset menjadi 0 yang berarti Full Scale Range diset menjadi $\pm 2g$
- Power management 1 = 0x01. Pada perintah ini MPU-6050 diset pada mode cycle yaitu mode dimana perangkat akan mengalami siklus tidur dan bangun untuk mengambil data dari *accelerometer*. Selain itu, pada mode ini, clock juga diset menjadi sama dengan internal clock oscillator yaitu 8 MHz.

Pada bagian update data pada sensor MAX30105, perangkat akan mengambil data irValue atau besarnya intensitas cahaya inframerah yang ditangkap oleh photodetector. Data irValue ini selanjutnya dihitung untuk mendapatkan data kecepatan denyut jantung rata-rata atau dalam hal ini merupakan variabel beatAvg. Algoritma yang digunakan untuk menghitung beatAvg ini adalah algoritma PBA atau Penpheral Beat Amplitude. Algoritma ini mampu memisahkan antara denyut dengan noise lalu menghitung waktu antar denyut untuk mendapatkan kecepatan denyut jantung rata-rata. Algoritma PBA ini adalah sebagai berikut.

```
if (checkForBeat(irValue) == true){
    long delta = millis() - lastBeat;
    lastBeat = millis();
```

```

        beatsPerMinute = 60 / (delta / 1000.0);
        if (beatsPerMinute < 255 && beatsPerMinute
> 20){
            rates[rateSpot++] = (byte)beatsPerMinute;
            rateSpot %= RATE_SIZE;
            beatAvg = 0;
            for (byte x = 0 ; x < RATE_SIZE ; x++)
                beatAvg += rates[x];
            beatAvg /= RATE_SIZE;
        }
    }
}

```

Pada bagian update data pada sensor MPU-6050, perangkat akan mengambil data *acceleration* pada sumbu x, y, dan z, serta data *angle* yang didapat dari rotasi pada sumbu x dan y. Data *acceleration* didapat dari membagi data *raw acceleration* yang didapat dari register 0x3B hingga 0x40 pada MPU-6050 dengan 16384. Data *gyroscope* didapat dari membagi data *raw gyroscope* dengan 65,5. *Raw gyroscope* didapat dari register 0x43 hingga 0x48 pada MPU6050.

Sedangkan data *angle* didapatkan dengan menggunakan baris program berikut.

```

        accCoef = 0.02f;
        gyroCoef = 0.98f;
        angleAccX = atan2(accY, accZ + abs(accX)) *
360 / 2.0 / PI;
        angleAccY = atan2(accX, accZ + abs(accY)) *
360 / -2.0 / PI;
        interval = (millis() - preInterval) * 0.001;
        angleX = (gyroCoef * (angleX + gyroX *
interval)) + (accCoef * angleAccX);
        angleY = (gyroCoef * (angleY + gyroY *
interval)) + (accCoef * angleAccY);
        angleZ = angleGyroZ;
        preInterval = millis();

```

Data yang akan dikirim ke smartphone melalui bluetooth awalnya berupa dua data berbentuk byte, yaitu *datalow* dan *datahigh*. *Datalow* berisikan status sensor dan status deteksi kantuk, sedangkan *datahigh* berisikan kecepatan denyut jantung rata-rata. *Datalow* dan *datahigh* selanjutnya digabungkan dan dikonversi menjadi 1 variabel char array bernama *data[]*. Proses

konversi byte menjadi char array dapat dilihat pada program berikut ini.

```
int i = 0;
for(byte mask = 0x80; mask; mask >>=1){
    if(mask & dataLow)
        data[i] = '1';
    else
        data[i] = '0';
    i++;
}
i = 8;
for(byte mask = 0x80; mask; mask >>=1){
    if(mask & dataHigh)
        data[i] = '1';
    else
        data[i] = '0';
    i++;
}
data[16]='\0';
```

Setelah data sudah dikonversi menjadi deret char array dalam variabel data[16], maka selanjutnya data dikirim melalui bluetooth setiap 300 ms. Program pengiriman data adalah menggunakan Serial.print(data);.

3.5.2. Perancangan Perangkat Lunak pada Aplikasi Smartphone

Program aplikasi smartphone yang dirancang pada tugas akhir ini terdiri dari dua aplikasi yang berbeda. Aplikasi pertama dinamakan Safety Headgear X dan aplikasi kedua dinamakan Safety Headgear R. Kedua aplikasi memiliki layout antarmuka yang hampir sama, namun Safety Headgear X memiliki tampilan yang lebih kompleks karena aplikasi ini juga menampilkan informasi mengenai status kinerja sensor. Berbeda dengan aplikasi Safety Headgear R yang dirancang hanya menampilkan data heart rate saja sebagai tampilan defaultnya. Kedua aplikasi menampilkan alert dialog yang sama ketika menerima sinyal “mengantuk” atau “tertidur”.

Kedua aplikasi dirancang menggunakan software Android Studio versi 3.2. Kedua aplikasi diuji coba menggunakan perangkat smartphone milik penulis, yaitu ponsel Xiaomi Redmi 5 dengan

versi android 7.1.2. Logo kedua aplikasi dirancang serupa namun memiliki perbedaan warna dan juga terdapat logo bluetooth pada logo aplikasi safety headgear X. Logo dari kedua aplikasi dapat dilihat pada gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.8 Desain logo aplikasi Safety Headgear X dan Safety Headgear R

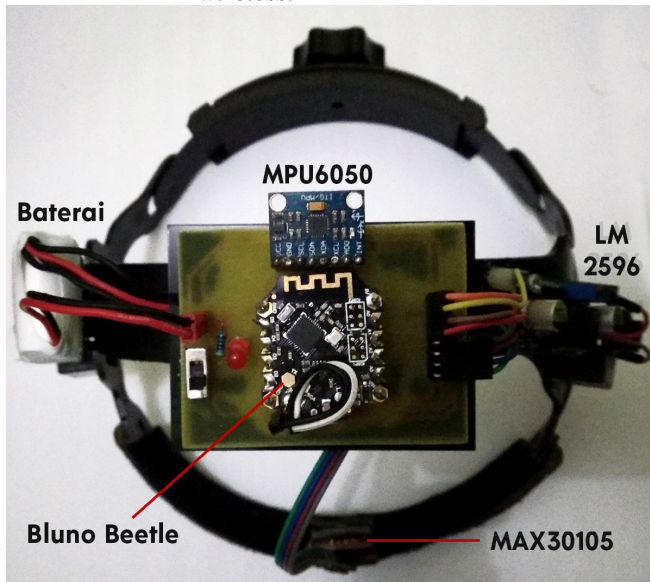
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini, ini akan dibahas mengenai pengujian dari sistem yang telah dirancang pada bab sebelumnya. Bab ini bertujuan untuk mendapatkan data yang kemudian dilakukan analisa pada masing-masing pengujian. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian pulse oximeter dengan sensor MAX30105, pengambilan data pada sensor MPU-6050, dan pengujian motion sensor test pada sistem *Wearable Headgear*.

4. 1. Realisasi Sistem

Pada subbab ini akan ditunjukkan realisasi mekanik dan elektronik sistem secara keseluruhan. Realisasi mekanik dan elektronik realisasi sistem secara keseluruhan ditampilkan pada gambar 4.1. Sistem yang ditampilkan tidak termasuk smartphone yang dihubungkan lewat bluetooth, karena smartphone terhubung secara nirkabel atau *wireless*.



Gambar 4.1 Realisasi Mekanik dari Wearable Headgear Pendeteksi Kantuk dan Kondisi Fisiologis Pengemudi Mobil

4. 2. Pengujian Pulse Oximeter Menggunakan Sensor Partikel MAX30105

Pengujian pada subbab ini melibatkan pulse oximeter pada sensor MAX30105 yang hasil pengukurannya akan dibandingkan dengan hasil pengukuran pada produk serupa. Produk serupa yang digunakan pada tugas akhir ini adalah Fitbit Alta HR yang diproduksi oleh Fitbit Incorporated. Fitbit Inc adalah perusahaan produsen perangkat *wearable* yang bermarkas di San Fransisco, Amerika Serikat. Produk Fitbit Alta HR dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Fitbit Alta HR[23]

Perbandingan hasil pembacaan kecepatan jantung oleh sensor MAX30105 dengan sensor pada Fitbit Alta HR dapat dilihat pada tabel 4.1. Perangkat ini juga menggunakan prinsip *photoplethysmography*. Perlu dicatat bahwa perangkat Fitbit Alta HR juga tidak 100% akurat. Perbandingan ini hanya untuk membandingkan dengan produk serupa yang sudah ada di pasaran.

Tabel 4.1 Perbandingan hasil pembacaan sensor MAX30105 dengan Fitbit Alta HR

Objek	Selisih Pengukuran
1	1.3%
2	6.1%
3	2.0%
Rata-rata	3.14%

Pengujian selanjutnya adalah mengukur seberapa cepat denyut jantung dari orang yang sedang dalam keadaan mengantuk. Batas ambang kecepatan denyut jantung orang mengantuk ini berbeda-beda untuk tiap orang. Kecepatan denyut jantung yang menjadi batas ambang dalam penelitian ini adalah sebesar 70 bpm, sebagaimana yang didapatkan dari penelitian yang dilakukan oleh Deepu Kurian, dkk. Tabel hasil pengukuran denyut jantung dari orang yang tidak mengantuk, mengantuk, dan tidur dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.2 Variasi kecepatan denyut jantung dari subjek berbeda[24]

Subyek	Normal	Mengantuk	Tidur
1	76	63	59
2	84	77	72
3	82	62	58
4	72	63	61
5	82	75	66
6	74	67	61
7	88	82	77
Rata-rata	79,71	69,85	64,86

Pengujian batas ambang kecepatan denyut jantung orang mengantuk ini dilakukan dengan mengukurnya pada 3 subjek berbeda menggunakan sensor MAX30105. Pengukuran dilakukan dengan cara mengambil 100 sampel kecepatan denyut jantung. Didapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini.

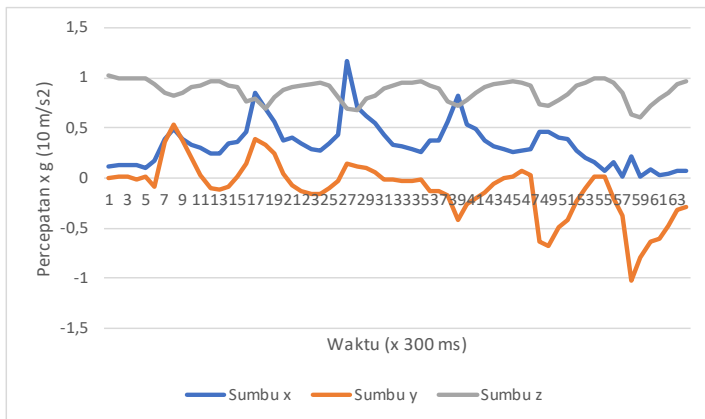
Tabel 4.3 Pengukuran dengan sensor MAX30105 terhadap orang mengantuk

Subyek	Kecepatan Denyut Jantung
1	69,61 ± 4,37 bpm
2	60,26 ± 8,98 bpm
3	67,02 ± 10,07 bpm

4. 3. Pengambilan Data pada Sensor Motion MPU6050

Berdasarkan pola perilaku orang yang mengantuk yang telah dipaparkan pada bab 3, diketahui bahwa gerakan kepala orang mengantuk tidak hanya gerakan menunduk ke depan, namun juga memungkinkan untuk menunduk ke kanan depan atau kiri depan. Oleh karena itu, menjadikan data *accelerometer* sumbu z saja sebagai parameter deteksi kantuk tidaklah cukup. Data dari *accelerometer* sumbu x dan y juga diperlukan untuk mengetahui gerakan kepala.

Pada gambar 4.4, dapat dilihat hasil percobaan pertama yaitu pengambilan data *accelerometer* terhadap gerakan kepala jatuh dengan arah yang bermacam-macam, mulai dari gerakan kepala ke kiri, kiri depan, depan, kanan depan, hingga kanan. Pengambilan sampel data diambil dengan *sample rate* sebesar 10 data/detik atau 100 ms/data.



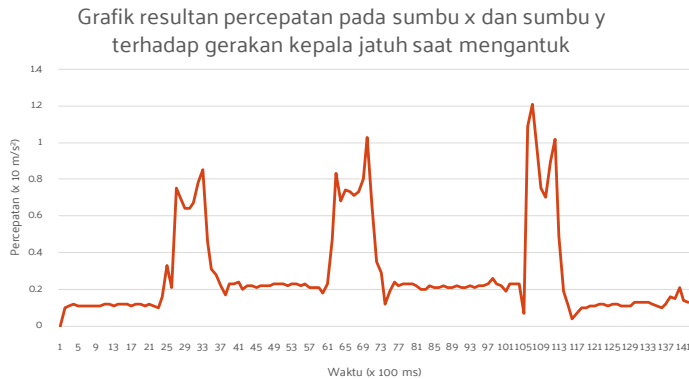
Gambar 4.3 Grafik data *accelerometer* pada gerakan kepala jatuh saat mengantuk

Dari grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa setiap kali ada gerakan kepala jatuh diakibatkan karena mengantuk, *accelerometer* sumbu z memberikan data sebesar kurang dari 0.8. Sedangkan untuk sumbu x dan sumbu y, data *accelerometer* menghasilkan angka yang berbeda-beda. Dapat dilihat bahwa data *accelerometer* sumbu x dan sumbu y di sudut gerakan manapun akan menghasilkan resultan yang sama. Untuk membuktikannya, dilakukan percobaan kedua yaitu untuk melihat resultan *accelerometer* sumbu x dan

sumbu y. Resultan ini didapat dengan rumus:

$$a_{xy} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

Grafik dari percobaan ini dapat dilihat pada gambar 4.5 yang menampilkan resultan *accelerometer* sumbu x dan y pada gerakan kepala jatuh ke kiri, ke kanan, dan ke depan.



Gambar 4.4 Grafik resultan data *accelerometer* pada sumbu x dan sumbu y terhadap gerakan kepala jatuh saat mengantuk

Parameter deteksi kantuk berdasarkan nilai a_{xy} dan a_z saja dinilai kurang, dikarenakan nilai *accelerometer* dapat berubah-ubah saat berkendara meskipun kepala dalam keadaan diam. Sebagai contoh, apabila pengemudi melewati turunan tajam dalam waktu singkat, maka mungkin saja nilai a_{xy} akan bernilai melebihi threshold juga. Oleh karena itu diperlukan parameter tambahan untuk deteksi kantuk ini. Parameter tambahan tersebut adalah sudut yang dibentuk oleh headgear setelah gerakan kepala jatuh saat mengantuk. Parameter ini didapatkan dengan menghitung resultan sudut θ pada sumbu x dan y. Resultan ini didapatkan melalui rumus berikut.

$$\theta_{xy} = \sqrt{\theta_x^2 + \theta_y^2}$$

θ_{xy} = resultan sudut sumbu x dan sumbu y

θ_x = sudut roll (Φ)

θ_y = sudut pitch (θ)

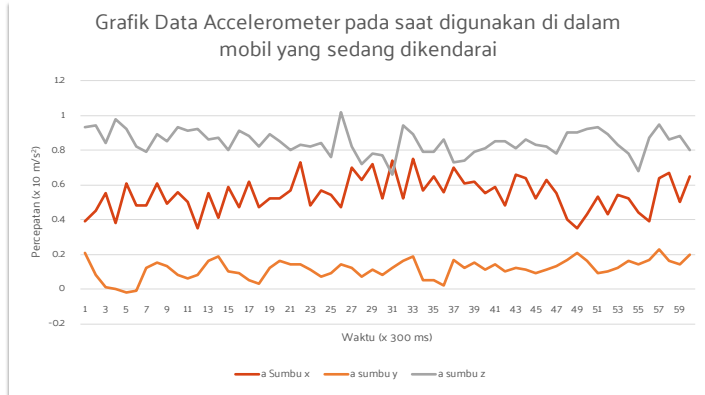
Pada percobaan sebelumnya, diperoleh data sudut yang dibentuk terhadap sumbu x dan sumbu y. Sehingga resultan sudut dari sumbu x dan y dapat dihitung. Berikut ini adalah gambar 4.6 yang merupakan grafik dari sudut resultan yang terbentuk saat gerakan kepala jatuh akibat mengantuk.



Gambar 4.5 Grafik resultan sudut roll dan sudut pitch terhadap gerakan kepala jatuh saat mengantuk

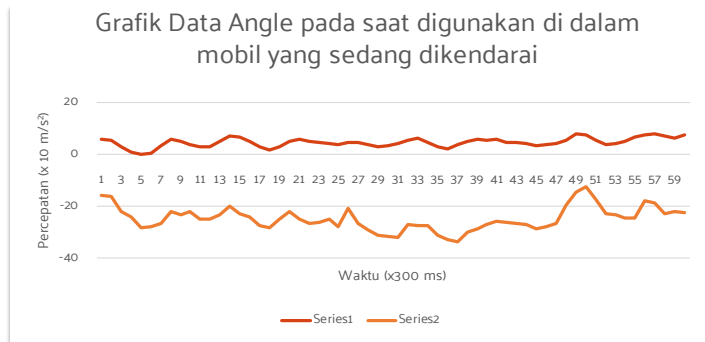
Percobaan berikutnya dilakukan di dalam mobil yang sedang berjalan. Percobaan ini dilakukan untuk melihat apakah ada perbedaan antara hasil pembacaan sensor MPU-6050 di dalam ruangan dengan hasil pembacaan di dalam mobil yang sedang dikendarai. Percobaan dilakukan di halaman parkir Departemen Teknik Elektro ITS.

Pada percobaan ini, data yang diambil terlebih dahulu adalah data accelerometer sumbu x, y, dan z dengan posisi kepala diam. Dari data yang diperoleh, didapat sebuah kesimpulan bahwa nilai accelerometer tidak stabil saat digunakan di dalam mobil. Tingkat noise dari ketiga sumbu mencapai 19,6%. Grafik dari data accelerometer saat berada di dalam mobil dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut ini.



Gambar 4.6 Grafik data accelerometer sumbu x, y, dan z pada saat berada di mobil yang sedang dikendarai

Data yang dianalisa selanjutnya adalah data angle sumbu x, y, dan z. Dari data yang diperoleh, didapat kesimpulan bahwa data angle dari ketiga sumbu ini relatif stabil. Setelah dilakukan perhitungan noise, didapatkan hasil bahwa tingkat noise dari data angle ini hanya sebesar 6% saja. Grafik dari data angle ketiga sumbu saat berada di dalam mobil ini dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut ini.



Gambar 4.7 Grafik data angle sumbu x, y, dan z pada saat berada di mobil yang sedang dikendarai

4. 4. Analisa Parameter Deteksi Kantuk

Parameter pertama yang akan menjadi acuan deteksi kantuk adalah parameter kecepatan denyut jantung. Berdasarkan

penelitian yang dilakukan oleh Deepu Kurian, dkk, seperti yang telah disebutkan di subbab 4.2, kecepatan denyut jantung rata-rata orang yang mengantuk adalah sebesar 70 bpm[24]. Sehingga, digunakan batas ini untuk menentukan apakah pengguna sedang dalam keadaan mengantuk atau tidak.

Parameter 1: $\text{beatAvg} < 70 \text{ bpm}$

Parameter selanjutnya adalah parameter posisi dan percepatan gerakan kepala saat dalam kondisi mengantuk. Parameter ini ditentukan dengan melihat hasil dari percobaan yang telah dilakukan pada subbab 4.3.

Pada grafik 4.3 di subbab sebelumnya, dapat dilihat bahwa ketika posisi kepala sedang dalam keadaan menunduk, baik itu menunduk ke depan, depan kiri, ataupun depan kanan, percepatan pada sumbu z akan bernilai di bawah $0,8g$ ($1g = 10 \text{ m/s}^2$). Batas $0,8g$ ini akan menjadi parameter kedua dalam metode deteksi kantuk. Untuk mengatasi noise yang terjadi akibat getaran yang disebabkan oleh mobil, maka percepatan yang dilihat adalah percepatan saat itu dan dua nilai sebelumnya.

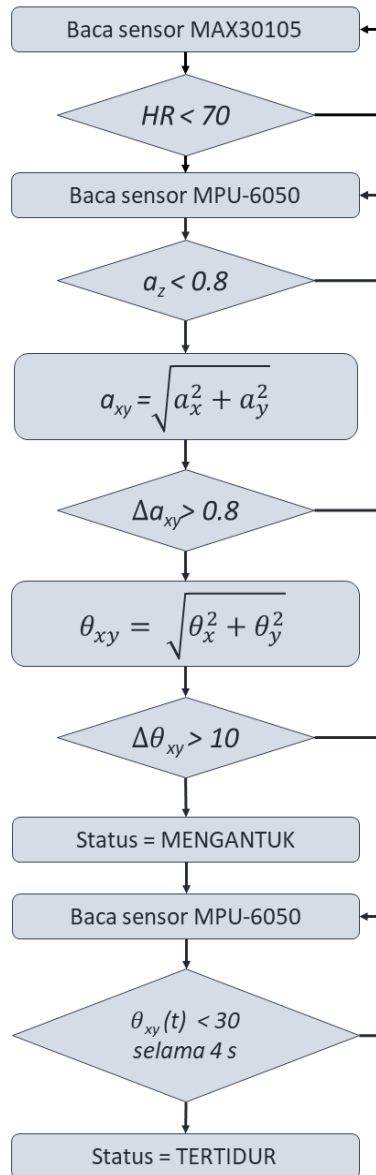
Parameter 2: $a_z < 0,8g$

Selanjutnya dengan melihat grafik pada gambar 4.4, dapat diambil kesimpulan bahwa apabila terjadi gerakan kepala jatuh akibat mengantuk, maka resultan akselerasi sumbu x dan sumbu y mengalami kenaikan sebanyak lebih dari $0,8g$ dari pengukuran resultan akselerasi 100 ms sebelumnya. Kenaikan ini dapat diartikan sebagai selisih atau delta dari $a_{xy}(t-1)$ dengan $a_{xy}(t)$ adalah sebesar lebih dari $+0,8g$.

Parameter 3: $a_{xy}(t) - a_{xy}(t-1) > 0.8g$

Kemudian yang menjadi parameter terakhir dalam metode deteksi kantuk ini adalah perubahan posisi sudut kepala saat terjadinya gerakan jatuh akibat mengantuk. Dengan melihat grafik pada gambar 4.5, apabila terjadi gerakan kepala jatuh akibat mengantuk, maka resultan posisi sudut terhadap sumbu x dan posisi sudut terhadap sumbu y atau θ_{xy} mengalami kenaikan sebanyak lebih dari 10. Dengan kata lain, selisih atau delta dari $\theta_{xy}(t-1)$ dengan $\theta_{xy}(t)$ adalah sebesar lebih dari $+10$.

Parameter 4: $\theta_{xy}(t) - \theta_{xy}(t-1) > 10$



Gambar 4.8 Flowchart dari deteksi kantuk dan tidur

Selain deteksi kantuk, dengan menggunakan data yang didapat dari sensor MPU-6050, ditambahkan sebuah metode deteksi kondisi tertidur. Deteksi kondisi tertidur ini adalah apabila pengguna menundukkan kepala lebih dari 4 detik. Deteksi kondisi tertidur ini hanya akan aktif apabila sebelumnya perangkat sudah mendeteksi adanya kondisi mengantuk pada pengguna. Parameter deteksi kepala menunduk dalam hal ini adalah posisi sudut θ_{xy} . Apabila θ_{xy} bernilai kurang dari 30 selama lebih dari 4 detik maka perangkat akan menyatakan pengguna sedang dalam keadaan tertidur.

Parameter kondisi tidur: $\theta_{xy} < 30$ selama $t=0$ hingga $t=4$ s

Flowchart dari deteksi kantuk dan tidur ini dapat dilihat pada gambar 4.8.

4.5. Pengujian Deteksi Gerakan Kantuk dan Tidur pada Sistem Wearable Headgear

Setelah parameter deteksi kantuk dan tidur sudah didapatkan, maka diperlukan proses uji coba terhadap parameter-parameter tersebut. Uji coba ini dilakukan dengan menggunakan sistem wearable headgear keseluruhan, yang berarti uji coba ini juga melibatkan smartphone untuk menampilkan data dan alarm. Selain itu, apakah data berhasil terkirim ke server dan diterima oleh aplikasi kedua juga akan diuji.

Hasil pengujian deteksi gerakan kantuk pada sistem *wearable headgear* dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.4 Hasil pengujian Deteksi Gerakan Kantuk

No	Pergerakan ke-	Arah Gerakan	Terdeteksi	Terkirim ke server	Diterima aplikasi SH R
1	1	Depan	✓	✓	✓
2	2	Depan	✓	✓	✓
3	3	Depan	✓	✓	✓
4	4	Depan	✓	✓	✓
5	5	Depan	x	x	x
6	6	Depan	✓	✓	✓
7	7	Depan	✓	✓	✓

8	8	Depan	✓	✓	✓
9	9	Depan	✓	✓	✓
10	10	Depan	✓	✓	✓
11	11	Depan kiri	✓	✓	✓
12	12	Depan kiri	✓	✓	✓
13	13	Depan kiri	✓	✓	✓
14	14	Depan kiri	✓	✓	✓
15	15	Depan kiri	✓	✓	✓
16	16	Depan kiri	x	x	x
17	17	Depan kiri	✓	✓	✓
18	18	Depan kiri	x	x	x
19	19	Depan kiri	✓	✓	✓
20	20	Depan kanan	✓	✓	✓
21	21	Depan kanan	✓	✓	✓
22	22	Depan kanan	✓	✓	✓
23	23	Depan kanan	✓	✓	✓
24	24	Depan kanan	✓	✓	✓
25	25	Depan kanan	✓	✓	✓
26	26	Depan kanan	✓	✓	✓
27	27	Depan kanan	✓	✓	✓
28	28	Depan kanan	✓	✓	✓
29	29	Depan kanan	✓	✓	✓
30	30	Depan kanan	x	x	x

Hasil pengujian deteksi gerakan tertidur pada sistem *wearable headgear* dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.5 Hasil pengujian Deteksi Gerakan Tertidur

No	Pergerakan ke-	Jenis Gerakan	Terdeteksi	Terkirim ke server	Diterima aplikasi SH R
1	1	Menunduk	✓	✓	✓

2	2	Menunduk	✓	✓	✓
3	3	Menunduk	✓	✓	✓
4	4	Menunduk	✓	✓	✓
5	5	Menunduk	✓	✓	✓
6	6	Menunduk	✓	✓	✓
7	7	Menunduk	x	x	x
8	8	Menunduk	x	x	x
9	9	Menunduk	✓	✓	✓
10	10	Menunduk	✓	✓	✓

Berdasarkan pengujian tersebut, dari 40 kali percobaan, 33 di antaranya berhasil terdeteksi, sehingga tingkat keberhasilan alat adalah sebesar 82,5%.

BAB V

PENUTUP

4. 6. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan pada pelaksanaan tugas akhir ini didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingkat error perangkat wearable headgear dalam mendeteksi kecepatan denyut jantung apabila dibandingkan dengan produk serupa yaitu Fitbit Alta HR, adalah sebesar 3,14%.
2. Untuk mendeteksi kantuk, parameter yang digunakan adalah $beatAvg < 70$, $a_z < 0,8$, $a_{xy}(t) - a_{xy}(t-1) > 0,8$, dan $\theta_{xy}(t) - \theta_{xy}(t-1) > 10$. Sedangkan deteksi kondisi tertidur dilakukan dengan parameter $\theta_{xy} < 30$ selama $t=0$ hingga $t=4$ s.
3. Dengan menggunakan parameter yang disebutkan di poin nomor 2, hasil pengujian perangkat wearable headgear mampu mendeteksi gerakan kepala mengantuk dan tertidur dengan tingkat akurasi sebesar 82,5%.

4. 7. Saran

Sebagai sistem pendeteksi kantuk dan kondisi fisiologis bagi pengemudi mobil, maka terdapat beberapa saran dari penulis berdasarkan hasil yang diperoleh saat percobaan, yaitu sebagai berikut:

1. Pengujian dan analisa lebih lanjut dengan jumlah percobaan yang lebih banyak yang bertujuan untuk mendapatkan parameter deteksi kantuk dan tidur yang lebih akurat.
2. Penyusunan mekanik headgear yang lebih nyaman untuk dipakai dan lebih stabil saat dikenakan.
3. Perancangan aplikasi smartphone yang lebih ramah pengguna dan memiliki ukuran file yang lebih kecil sehingga didapatkan performa yang lebih ringan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Subdirektorat Statistik Transportasi, “Statistik Transportasi Darat 2015”, Badan Pusat Statistik, Jakarta, 2016.
- [2] Hayon, E. T., “Polisi: 90% Kecelakaan Lalu Lintas Akibat Kelengahan Pengemudi”, *Kabar24*, 2015. [Daring]. Tersedia: <http://kabar24.bisnis.com/read/20150419/15/424539/polisi-90-kecelakaan-lalu-lintas-akibat-kelengahan-pengemudi> [Diakses 18 Oktober 2017].
- [3] E. Michail, A. Kokonozi, I. Chouvarda, N. Maglaveras (2008) Eeg and hrv markers of sleepiness and loss of control during car driving. In: *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, pp 2566–2569
- [4] A. Baharav, S. Kotagal, V. Gibbons, B.K. Rubin, G. Pratt, J. Karin, S. Akselrod (1995) Fluctuations in autonomic nervous activity during sleep displayed by power spectrum analysis of heart rate variability. *Neurology* 45(6):1183–1187
- [5] Yasha, “Internet of Things: Panduan Lengkap”, *Dewaweb*, 2018, [Daring]. Tersedia: <https://www.dewaweb.com/blog/internet-of-things/> [Diakses 15 Oktober 2018]
- [6] “L’Oréal My UV Patch Is Redesigned to Fit Different Personal Styles”, *Tuvie*, 2018. [Daring] Tersedia: <http://www.tuvie.com/loreal-my-uv-patch-is-redesigned-to-fit-different-personal-styles/> [Diakses 15 Oktober 2018]
- [7] “Jabra Sport Pulse Special Edition review”, *Wearable*, 2016, [Daring] Tersedia: <https://www.wearable.com/hearables/jabra-sport-pulse-special-edition-review> [Diakses 15 Oktober 2018]
- [8] “Internet of Things (IoT) in healthcare: benefits, use cases and evolutions”, *iScoop*, 2018. [Daring] Tersedia: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/internet-things-healthcare/> [Diakses 16 Oktober 2018]
- [9] “Bluetooth 4.0 BLE Module with CC2540”, *Open Impulse*, 2016, [Daring] Tersedia: <https://www.openimpulse.com/blog/products-page/product-category/bluetooth-4-0-ble-module-cc2540/> [Diakses 15 Oktober 2018]
- [10] “Bluno Beetle SKU:DFR0339”, *DFRobot*, 2017. [Daring] Tersedia: https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Bluno_Beetle_SKU:DFR0339 [Diakses pada 30 Oktober 2018]

- [11] Ketua Sub Komite dan Investigasi Kecelakaan LLAJ, “DATA INVESTIGASI KECELAKAAN LLAJ TAHUN 2010 – 2016,” Komite Nasional Keselamatan Transportasi, Jakarta, 2016.
- [12] A. Colic, O. Marques, B. Furht (2014) *Driver Drowsiness Detection: Systems and Solutions*. Springer Briefs in Computer Science, pp. 7-18.
- [13] T. Tamura, Y. Maeda, M. Sekine, M. Yoshida, “Wearable Photo-plethysmographic Sensors—Past and Present”, *Electronics*, Volume 3, Issue 2, 2014, hlm. 282-302.
- [14] “SparkFun Particle Sensor Breakout - MAX30105”, Sparkfun, 2016, [Daring] Tersedia: <https://www.sparkfun.com/products/14045> [Diakses pada 15 Oktober 2018]
- [15] Maxim Integrated, MAX30105: High-Sensitivity Optical Sensor for Smoke Detection Applications, Maxim Integrated, California, 2016
- [16] A. Mittal, K. Kumar, S. Dhamija, dan M. Kaur, “Head movement-based driver drowsiness detection: A review of state-of-art techniques,” dalam 2016 IEEE International Conference on Engineering and Technology (ICETECH), 2016, hlm. 903–908.
- [17] InvenSense, MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification, Revision 3.4. Taiwan: InvenSense, 2013.
- [18] J. Fraden, HANBOOK OF MODERN SENSORS, 3 ed. San Diego, USA: Advanced Monitors Corporation, 2013.
- [19] “MPU6050 Accelerometer + Gyro”, Arduino [Daring] Tersedia pada: <https://playground.arduino.cc/Main/MPU-6050> [Diakses pada 28 November 2018]
- [20] “Accelerometer and Gyroscopes Sensors: Operation, Sensing, and Applications - Application Note - Maxim.” [Daring] Tersedia pada: <https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/5830>. [Diakses pada 2 November 2018].
- [21] A. Dobie, “Android Studio unveiled at Google I/O keynote”. Android Central, 2013 [Daring] Tersedia pada: <https://www.androidcentral.com/android-studio-unveiled-google-io-keynote> [Diakses pada 12 November 2018]
- [22] M. Amirullah, “Sistem Peringatan Dini Menggunakan Deteksi Kemiringan Kepala pada Pengemudi Kendaraan Bermotor yang Mengantuk”, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Surabaya, 2018

- [23] “101 Guide for Alta HR”, Fitbit, 2017 [Daring] Tersedia pada: <https://www.fitbit.com/altahr/altahr-101> [Diakses pada 12 November 2018]
- [24] D. Kurian, J. P. L. Joseph, K. Radhakrishnan, A. A. Balakrishnan, Drowsiness Detection using Photoplethysmography Signal, 2014 Fourth International Conference on Advances in Computing and Communications, New Delhi, 2014, hal. 75.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

RIWAYAT HIDUP



Ahmad Naufal Firdaus adalah nama dari penulis laporan Tugas Akhir ini. Dilahirkan di Banyuwangi pada 6 November 1996. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Menyelesaikan pendidikan SD Negeri Penganjuran IV (2003-2009), SMP Negeri 1 Pasuruan (2009-2012), dan SMA Negeri 1 Glagah (2012-2014). Pada tahun 2014 melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Penulis memilih bidang elektronika sebagai bidang studi yang ditekuni. Pada bulan Desember 2018 mengikuti seminar Tugas Akhir dan pada Januari 2019 mengikuti ujian Tugas Akhir sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Email:

ahmadnaufal611@gmail.com